Dr. Friedrich Becker

Aus den Tiefen des Raumes

Berlin und Bonn
Ferd. Dümmlers Verlagsbuchhandlung

Aus den
Tiefen des Raumes

Aus den Tiefen des Raumes

Der
Astronomischen Unterhaltungen
zweiter Teil

von

Dr. Friedrich Becker

Mit 33 Abbildungen im Text
und einer Sternkarte

1926

Ferd. Dümmlers Verlagsbuchhandlung
Berlin und Bonn

Druck von
Oscar Brandstetter
in Leipzig.

Geleitwort

Dieses Büchlein wurde in der Absicht geschrieben, allen denen, die der eigene Beruf nur für wenige Stunden des Tages freigibt, etwas von den Früchten wissenschaftlicher Arbeit als Erholung zu bieten. Die Auswahl und Anordnung des Stoffes und die Form der Darstellung, die sich in leichtem Unterhaltungston bewegt, suchen diesem Ziele zu entsprechen, ohne daß beim Leser irgendwelche Bekanntschaft mit dem Gegenstande vorausgesetzt wird. Auf die Zuverlässigkeit des Textes und die Güte der Abbildungen ist alle Sorgfalt verwandt worden.

Als Gegenstück zu dem früher erschienenen Bändchen „Eine Fahrt durch die Sonnenwelt" behandelt das vorliegende die Welt der Sterne und den Bau des Universums. Beide Bändchen zusammen bilden — obwohl jedes in sich abgeschlossen — eine vollständige kleine Himmelskunde, die auch die neuesten, nicht immer leicht faßbaren Ergebnisse der Forschung in ansprechender, jedem verständlicher Form darzubieten sucht.

Rom, im Frühjahr 1926. Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abbildungen

1. Eine Sternennacht

Die Beherrschung der Gesetze und Kräfte der Natur hat dem Gesicht des 20. Jahrhunderts seine Züge verliehen. Schienenstränge, Eisenmasten, Brücken und Talsperren gehören zum Bilde unserer Landschaft, so gut wie Wälder und Flüsse. Man mag dies bedauern; aber in dem, der tiefer schaut, weckt auch die neue Landschaft eine Fülle reizvoller Gedanken und Anregungen.

In grauer Vorzeit sanken Riesenwälder dahin, vermoderten und wurden zur Kohle; ist nicht die Kraft, die in den schwarzen Steinen aufgespeichert, die schwersten Züge vorwärts jagt, dieselbe, die alljährlich unsere Wälder mit frischem Grün umkleidet — die Kraft der strahlenden Sonne? Und wiederum die Sonne treibt das Wasser in seinem endlosen Kreislauf, so daß es verdampfend emporsteigt, in Millionen Tropfen wieder hinabrieselt, versinkt und als sprudelnder Quell von neuem zum Lichte drängt. Aus dem Quell wird der Bach, der Fluß, der, durch zyklopische Mauern aufgestaut, mit ungestümer Kraft Turbinen und Dynamomaschinen dreht, aus denen sich ein Strom von elektrischer Energie in das weltumspannende Netz der Kupferleitungen ergießt — Sonnenkraft auch hier.

So weist das Bild der irdischen Landschaft mit ihren freien und gebändigten Naturkräften eindringlich genug auf die Natur jenseits der Erde, den endlosen, vom Lichte der Sonne und der Sterne durchfluteten Raum. —

Schon habe ich im Geiste mit meinen Freunden eine Fahrt durch das Reich der Sonne unternommen[1]). Da schauten wir den Mond in seinem Todesschlafe und warfen einen Blick in das Flammenmeer

[1]) Siehe des Verfassers Büchlein: „Eine Fahrt durch die Sonnenwelt", Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin und Bonn 1925.

der Sonne, wo Kraft und Stoff miteinander ringen. Den Kometen folgten wir im Geiste in ferne Räume und wurden Zeugen ihres Schicksals; später zeigte uns Mars sein Antlitz, doch die Züge darin blieben rätselhaft. Jupiter und Saturn offenbarten sich als zwei Riesen, die mit einer ganzen Gefolgschaft von Monden ihres Weges ziehen; und so eilten wir weiter von Stern zu Stern bis in jene Regionen, wo Neptun als letzter Planet seine weite Bahn durchwandelt. Nur als kleiner funkelnder Stern grüßte uns in diesen Fernen die Sonne, und irgendwo in ihrer Nähe wußten wir unsere Heimat, die Erde, eine Welt voller Licht und Leben und doch nur ein Sonnenstäubchen. Am Schluß unserer Fahrt sandten wir den Blick über alle Grenzen des Sonnenreiches hinaus in die unendlichen Räume, aus denen Milliarden von Fixsternen zu uns herüberleuchten. Ihnen sei die Fortsetzung unserer astronomischen Unterhaltungen gewidmet. —

Wollt ihr den Zauber einer Sternennacht genießen? Laßt allen Staub und Lärm der Großstadt hinter euch und kommt mit mir auf das stille, weite Land, wenn die Sonne sich zum Untergang neigt. Rot und gelb die Büsche neben uns, grün und braun der Wald in der Ferne. Alles ist still, nur der Wind fährt mit leisem Rauschen durch die Blätter. — Jetzt senken sich die Schatten der Dämmerung auf die Erde und hüllen die Natur in ein dunkles Gewand. Ein Stern blitzt auf und noch einer. Bald sind es zehn, hundert, und kaum ist der letzte Lichtstreif im Westen erloschen, da wölbt sich über uns eine schwarzblaue Kuppel mit Myriaden funkelnder und glitzernder Sterne. Eine verwirrende Fülle von strahlend hellen bis zu den allerschwächsten, und wo immer das Auge verweilt, tauchen neue Lichtpunkte aus dem Dunkel auf und lassen uns wenigstens ahnen, was nur die raumdurchdringende Kraft des Fernrohrs zu enthüllen vermag.

Wie ist es nur möglich, fragt ihr, sich da zurechtzufinden. Nun, das ist nicht so schwer, wie es zunächst scheint. Das älteste Hilfsmittel ist auch hier das einfachste. Wir bemerken schon bald, daß sich aus dem Gewirre gewisse charakteristische Gruppen von helleren Sternen herausheben, die man sich wegen ihrer Ähnlichkeit mit bekannten geometrischen Figuren wie Dreiecken, Vierecken, Rauten usw. leicht merken kann. Schon im grauen Altertum bediente man sich dieser sog. Sternbilder, um sich am Himmel zurechtzufinden. Man gab ihnen Namen nach Personen oder Geschehnissen aus den alten Götter-

und Heldensagen, und diese Bezeichnungen haben sich bis heute erhalten. Jeder kennt den Großen Bären, mancher auch den Orion, die Cassiopeia und vielleicht noch andere Sternbilder, und indem er von ihnen ausgeht, ist er in der Lage, einen bestimmten Stern immer wiederzufinden. Eine drehbare Sternkarte oder ein Atlas, wie man sie in schöner Ausführung überall kaufen kann, leistet dabei gute Dienste.

Die Astronomen sind nun noch einen Schritt weitergegangen und haben in jedem Sternbild auch die einzelnen Sterne noch bezeichnet, und zwar, gewöhnlich beim hellsten beginnend, mit den Buchstaben des griechischen Alphabets. So heißen die sieben helleren Sterne des großen Bären der Reihe nach α (Alpha), β (Beta), γ (Gamma), δ (Delta), ε (Epsilon), ζ (Zeta), η (Eta) Ursae majoris (der lateinische Name für Großer Bär). Manche Sterne haben außerdem noch besondere Namen, wie Sirius (α im Großen Hund), Wega (α in der Leyer), Rigel (β im Orion) u. a.

Aber wenn es schon schwierig ist, die wenigen tausend, mit bloßem Auge sichtbaren Sterne einzeln zu bezeichnen, so wird dies vollends unmöglich angesichts der vielen Millionen, die in großen Fernrohren zum Vorschein kommen. Wie soll der Astronom sich ein schwaches Sternchen, das er heute gesehen hat und morgen von neuem beobachten will, merken, wie soll er es unter den Tausenden wiedererkennen? Er befindet sich da in ähnlicher Lage wie der Forschungsreisende, der etwa den Ort einer neuentdeckten Insel so bestimmen soll, daß jeder Schiffskapitän sie nachher leicht auffinden kann. Wie geht jener dabei zu Werke? Er mißt mit besonderen Instrumenten die geographische Länge und Breite der Insel und trägt ihren Ort dann in das Abbild der Erdoberfläche, die Landkarte, ein. Genau so arbeiten auch die Astronomen. Infolge einer Augentäuschung scheinen uns alle Sterne an der Innenseite einer großen Hohlkugel — des Himmelsgewölbes — befestigt, und ebenso wie die Erdkugel denken wir uns nun auch die Himmelskugel mit einem Netz von Längen und Breitengraden überzogen; nur die Bezeichnungen klingen anders, anstatt von Längen und Breiten spricht man in der Himmelskunde von Rektaszensionen und Deklinationen. Es gibt eigene Instrumente, die sog. Meridiankreise, die dem Zweck dienen, die Rektaszensionen und Deklinationen der Sterne zu bestimmen. Die gemessenen Sternörter pflegt man dann zu Verzeichnissen zusammenzustellen und auch

wohl in Karten einzutragen. Einen Stern, der einmal in ein solches Verzeichnis oder eine Karte aufgenommen wurde, kann man somit jederzeit wiederfinden. Eins der größten Sternverzeichnisse dieser Art wird immer das der beiden Bonner Astronomen Argelander und Schönfeld bleiben, das rund 450 000 Sterne enthält. Abb. 1 gibt einen kleinen Ausschnitt aus dem zugehörigen Atlas.

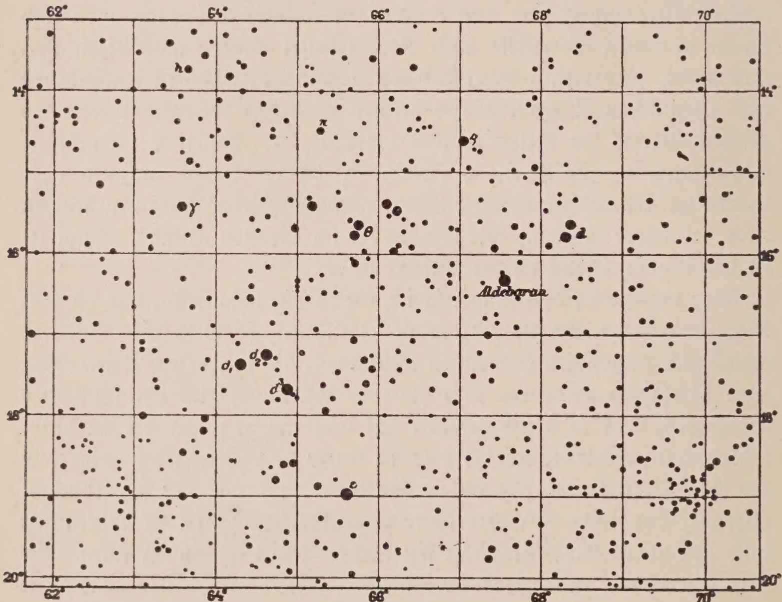


Abb. 1. Ausschnitt aus dem Bonner Sternatlas

In neuerer Zeit überläßt man die Ortsbestimmung der Gestirne immer mehr der Photographie. In der Tat liefert uns ja eine einzige Aufnahme gleichzeitig die Örter Hunderter und Tausender von Sternen, die wir sonst in mühsamer Arbeit einzeln hätten bestimmen und in die Karte eintragen müssen. So ist denn auch das große internationale Unternehmen der photographischen Himmelskarte zustandegekommen, an dem über 15 Sternwarten beteiligt sind. Es wird nach seiner Vollendung einen Katalog von 3 bis 4 Millionen und einen Atlas mit nahezu 30 Millionen Sternen umfassen. —

Die Stunden verrinnen. Das kleine Sternbild der Leyer, das kurz nach Sonnenuntergang noch hoch am Himmel stand, sinkt im Westen hinab; im Osten aber steigen die Plejaden, der Stier und die Zwillinge empor. In Wahrheit sind sie jedoch alle in Ruhe, nur die Erdkugel dreht sich. Indem sie uns in 24 Stunden einmal in westöstlicher Richtung herumwirbelt, scheint es uns, als ob sich die Himmelskugel mit all den scheinbar angehefteten Sternen in der umgekehrten Richtung einmal um unseren Standpunkt gedreht habe, wie wir ja auch bei einer Karussellfahrt zuweilen der Täuschung erliegen, als seien wir selbst in Ruhe, während alle anderen Dinge sich im Kreise um uns drehten. Über diese sog. tägliche Bewegung der Sterne, bei der jedoch wohlgemerkt ihre Stellung zueinander unverändert bleibt, haben wir im ersten Teil unserer Unterhaltungen schon gesprochen.

Noch eine Frage, ehe wir für diesmal von den Sternen scheiden: wie groß mag die Zahl derer sein, die wir mit bloßem Auge in klarer Nacht erfassen können? Ihr ratet wohl auf viele Tausende? Zu hoch gegriffen, kaum 6000 Sterne schmücken den Himmel, so wie er sich dem freien Auge darbietet, und da wir immer nur eine Hälfte der Himmelskugel überblicken, während die andere durch die Erde verdeckt ist, sehen wir nicht mehr als 3000 Sterne über uns. Aber das Bild ändert sich rasch, wenn wir das Heer der teleskopischen, d. h. der nur im Fernrohr sichtbaren Sterne hinzunehmen. Man pflegt von altersher die Sterne ihrer Helligkeit nach in Größenklassen einzuteilen. Die Sterne erster Größe sind die hellsten, diejenigen der 6. Größe gerade noch mit bloßem Auge sichtbar. Mit der 7. Größe beginnen also die teleskopischen Sterne, und von da an klettern die Zahlen überaus schnell empor. So finden wir nach den neuesten Abzählungen

139000	Sterne	bis	zur	9.	Größe
1020000	"	"	"	11.	"
2580000	"	"	"	12.	"
13100000	"	"	"	14.	"
57000000	"	"	"	16.	" ,

und die Anzahl der Sterne von der 1. bis zur 18. Größe mag sich schätzungsweise auf 200 Millionen belaufen. Durch photographische Aufnahmen an modernen Riesenteleskopen vermögen wir sogar noch Sterne der 21. Größe auf die Platte zu bannen. Dabei hat man

die Größenklassen so festgelegt, daß die Sterne zweiter Größe 2½ mal schwächer sind, als die erster, die Sterne 3. Größe wieder 2½ mal schwächer als die zweiter und so fort. —

Nun noch einen letzten Blick auf das funkelnde Lichtermeer, dessen Geheimnisse wir ergründen wollen; dann genug für heute. Morgen mag ein Besuch auf der Sternwarte uns auf den Gedankenflug in die Tiefen des Raumes vorbereiten.

★

2. Die Arbeitsstätte des Astronomen

Weit draußen hinter der Weltstadt liegt die Sternwarte. Wir dürfen uns glücklich schätzen, die Erlaubnis zu einem nächtlichen Besuch erhalten zu haben, denn im allgemeinen ist es dem gewöhnlichen Sterblichen versagt, zu solcher Stunde die der ernsten Forschungsarbeit geweihten Räume zu betreten. Vor uns liegt mit seinen mächtigen Kuppeln das Hauptgebäude, das in seinen unteren Geschossen die Werkstätten, Laboratorien, Bibliotheksräume und die Arbeitszimmer der Astronomen enthält. Von seinem flachen Dache aus können wir, soweit es in der Dämmerung möglich ist, die ganze Anlage bequem überschauen.

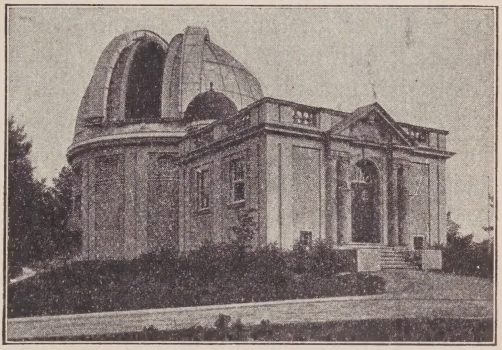


Abb. 2. Moderne Beobachtungs-Kuppel (Hamburger Sternwarte)

Die Plattform überragen drei halbkugelförmige Kuppeln. Die mittlere und größte von ihnen birgt das Hauptinstrument der Sternwarte, den großen Refraktor mit all den Wunderwerken der Präzisionstechnik, die zur bequemen Handhabung eines solchen Riesenfernrohres notwendig sind. Zu unseren Füßen dehnt sich ringsum waldiges Parkgelände, an vielen Stellen durch Lichtungen durchbrochen, um für die zahlreichen großen und kleinen Beobachtungsgebäude (Abb. 2), die über den Platz verstreut sind, freien Durchblick zu schaffen. Drüben auf der kleinen Anhöhe liegen die Meri-

diansäle mit ihren eigentümlichen Tonnendächern. In ihnen befinden sich die Instrumente für die astronomische Orts- und Zeitbestimmung, Meßwerkzeuge, die an Genauigkeit und Empfindlichkeit kaum noch zu übertreffen sind. Der gewaltige Kuppelbau, der etwas südlich davon, als dunkle Masse erkennbar, die Baumwipfel überragt, umschließt ein anderes Rieseninstrument, eines jener raumdurchdringenden Spiegelteleskope, die gegen Ende des 18. Jahrhunderts in den Händen eines Herschel der jungen Stellarastronomie zu ihren ersten Erfolgen verhalfen, und die im 20. Jahrhundert, ausgestattet mit allen Feinheiten einer hochentwickelten Instrumententechnik, zum unentbehrlichen Hilfsmittel der Astronomie geworden sind. —

Wenden wir uns zunächst dem Hauptinstrument, dem „großen Refraktor" zu! Gleich beim Eintritt in den gewaltigen Kuppelraum tönt uns das Sausen der Elektromotoren entgegen, die die mechanische Arbeit bei der Bedienung des Fernrohres zu leisten haben. Soeben wird das Instrument in Bereitschaft gesetzt. Ein Handgriff an der Schalttafel, und mit knirschendem Geräusch schieben sich über uns zwei Spaltbacken auseinander, so daß in der einen Hälfte der Kuppel eine breite Öffnung entsteht, die vom Scheitel bis zum unteren Rande hinabreicht. Auf einen weiteren Hebeldruck dreht sich nun das ganze Dach über unserem Haupte, leicht und spielend läuft die schwere Kuppel auf dem Mauerkranze um, bis der Spalt so gerichtet ist, daß der zu beobachtende Stern gerade zur Öffnung hereinleuchtet. Das Fernrohr selbst ruht auf einer Säule, die fest in den Erdboden gegründet ist und, ohne mit dem Gebäude in Berührung zu kommen, durch alle Stockwerke bis zum Kuppelraum emporsteigt. Es läßt sich um zwei Achsen drehen, die beide mit Teilkreisen versehen und so angeordnet sind, daß man mittels einer festen Marke nur auf dem einen Teilkreise die Deklination, auf dem anderen die Rektaszension des gewünschten Sternes (entsprechend der geographischen Breite und Länge eines Erdortes) „einzustellen" braucht, um ihn in das Gesichtsfeld des Instrumentes zu bringen (Abb. 3). Elektrisch angetriebene „Feinbewegungen" ermöglichen dann noch eine schärfere Einstellung des Sternes auf ein Fadenkreuz, das im Gesichtsfeld angebracht ist. Ließe man nun das Fernrohr nach erfolgter Einstellung ruhig stehen, so würde der Stern infolge der täglichen Bewegung sehr bald wieder aus dem Gesichtsfelde verschwunden sein. Um dies zu verhindern, baut man ein entsprechend reguliertes Uhrwerk ein, durch

welches das Rohr dem davoneilenden Stern beständig nachgedreht wird. Schließlich muß der Beobachter noch die Möglichkeit haben, bei

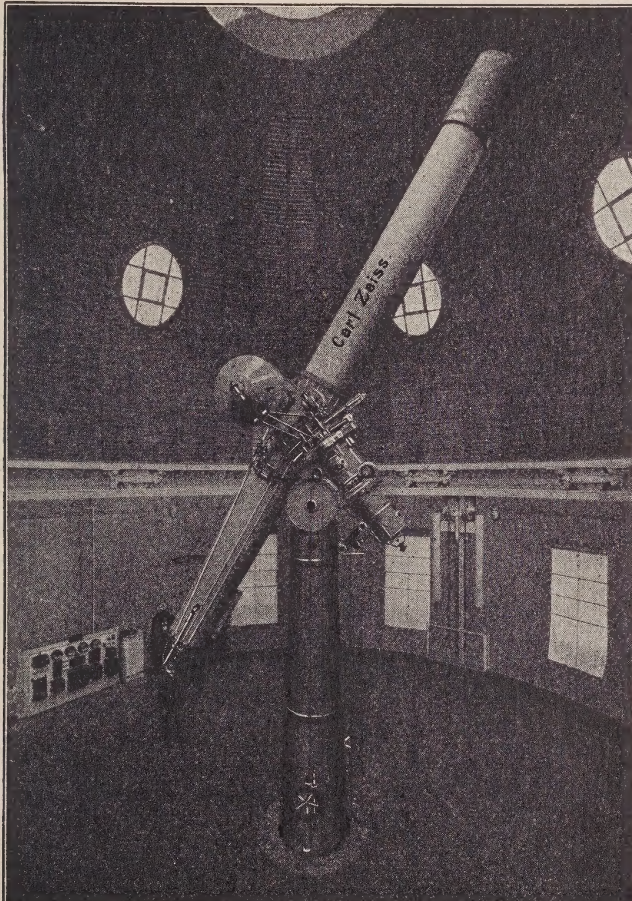


Abb. 3. Refraktor der Babelsberger Sternwarte bei Berlin
Länge des Rohres 10.5 m, Durchm. der Linse 65 cm

jeder Lage des Instrumentes bequem in das Okular hineinschauen zu können. Unter bescheidenen Verhältnissen genügt hier eine einfache Standleiter, der Betrieb auf großen Sternwarten stellt jedoch auch

darin höhere Anforderungen. Unser Führer betätigt wieder einen der vielen Schalthebel, und plötzlich beginnt das Fernrohr mit dumpfem Rollen in die Tiefe zu sinken. Doch nein! Die Säule steht ja fest; vielmehr sind wir es, die emporsteigen. Der Kuppelraum hat nämlich einen beweglichen Fußboden, der innerhalb eines Spielraumes von mehreren Metern durch elektrischen Antrieb beliebig gehoben und gesenkt werden kann, so daß der Beobachter imstande ist, seine Stellung ohne Schwierigkeit allen Lagen des Fernrohres anzupassen.

Doch die Zeit drängt. Für heute abend ist noch eine Besichtigung des photographischen Fernrohrs und ein kurzer Besuch beim großen Spiegelteleskop vorgesehen.

Die Einführung der photographischen Methoden ist wohl für keine Wissenschaft von so grundlegender Bedeutung geworden, wie für die Himmelsforschung. Ohne Kamera wäre die moderne Astrophysik einfach hilflos. Die Vorteile des photographischen Arbeitens leuchten ja ohne weiteres ein. Sehr lichtschwache Objekte, denen gegenüber beim unmittelbaren Sehen auch die größten Fernrohre versagen, lassen sich dennoch auf die lichtempfindliche Platte bannen, wenn man nur lange genug belichtet. Auf der Platte kann der Astronom gleichsam ein Stück des Himmels mit in sein Arbeitszimmer nehmen und es dort in aller Ruhe und unabhängig von Wind und Wetter untersuchen und ausmessen. Die photographische Aufnahme ist auch ein äußerst zuverlässiges Abbild der Wirklichkeit; mittels Kamera und Platte kann man schließlich den ganzen Sternhimmel, so wie er sich unseren Blicken darbietet, in Archiven verpackt, späteren Generationen überliefern, die einmal in diesen Urkunden die Geschichte des Universums lesen werden. Tatsächlich besitzen einzelne Sternwarten, die sich dieser Aufgabe besonders gewidmet haben, wie das Harvard-Observatorium in Cambridge (U. S. A.) schon jetzt Hunderttausende von Platten, die über alles Wichtige, was sich seit einem Menschenalter am Himmel ereignet hat, Auskunft geben können.

Fernrohre, die speziell für die Zwecke der Himmelsphotographie eingerichtet sind, heißen Astrographen. Sie werden in der Regel als Doppelfernrohre ausgeführt. Von zwei parallel gerichteten, starr miteinander verbundenen Rohren trägt das eine am unteren Ende die photographische Kassette, das andere eine gewöhnliche Okularlinse zum Durchsehen. Dieses zweite Fernrohr, das sog. Leitrohr, soll es dem Beobachter ermöglichen, das aufzunehmende Sternfeld einzu-

stellen und während der Belichtung unter Kontrolle zu halten, letzteres namentlich zur rechtzeitigen Verhütung etwaiger Störungen im Gange des Uhrwerkes. Daueraufnahmen von 80 bis 100 Stunden

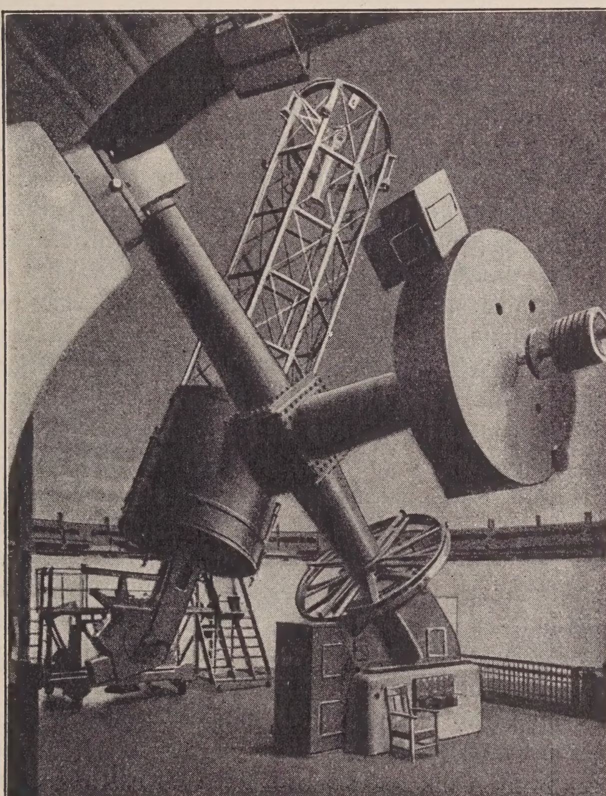


Abb. 4. Großes Spiegelteleskop des Viktoria-Observatoriums (Kanada). Der Stuhl diene zur Beurteilung der Größenverhältnisse

Belichtungszeit, die sich manchmal — die Unterbrechungen am Tage eingerechnet — durch Monate hinziehen, sind heute keine Seltenheit mehr.

Damit wollen wir für heute auch von diesem Instrument Abschied

nehmen, und an die Meridianhäusern vorbei, unter denen in einem stets gleichmäßig temperierten Keller die empfindlichen Pendeluhren erster Klasse stehen, begeben wir uns in die etwas abseits liegende Kuppel des großen Spiegelteleskopes. Hier lernen wir nun einen ganz anderen Instrumententyp kennen. Im Vergleich zu den eleganten Formen des großen Refraktors mutet uns dieses kurze breite Rohr mit den mächtigen Entlastungsgewichten ziemlich plump an, obwohl die Anordnung der Drehungsachsen im Prinzip dieselbe ist, wie bei den anderen Fernrohren (Abb. 4). Anstelle der großen Linse des Refraktors tritt hier ein gläserner, an der inneren Seite versilberter Hohlspiegel von riesigen Ausmaßen, der auf dem Grunde des oben offenen Rohres ruht. Von einem solchen Spiegel werden die Strahlen, die ein Stern ihm zusendet, zurückgeworfen und dann zu einem Bilde des Sternes vereinigt, das man nun, wie beim Refraktor, mittels einer kleineren Vergrößerungslinse, des Okulars, betrachten kann. Da man hier nicht wie beim Refraktor von der Lichtbrechung (Refraktion) Gebrauch macht, sondern von der Zurückwerfung (Reflexion) der Strahlen, so führt das Spiegelteleskop auch die Bezeichnung Reflektor. Während bei den Linsen das Höchstmaß des technisch Erreichbaren gegenwärtig mit einem Durchmesser von etwa einem Meter gegeben ist (Objektivlinse des Yerkes-Refraktors), lassen sich brauchbare Spiegel in weit größeren Abmessungen herstellen. So hält z. B. der neue Babelsberger Spiegel 1,22 Meter im Durchmesser, der des Dominion-Observatoriums in Viktoria (Kanada) sogar 1,84 Meter, und auf dem Mt. Wilson wurde vor einigen Jahren ein Reflektor gebaut, dessen Spiegel nicht weniger als 2,50 Meter mißt. —

Zum Schluß noch rasch den Atlas aufgeschlagen! Wir haben jetzt im Geiste gleichsam eine ideale Sternwarte besucht, die überall und nirgendwo liegen kann und möchten nun doch wissen, wo auf der weiten Erde man denn die wirklichen großen Observatorien zu suchen hat. Bleiben wir zunächst innerhalb der Grenzen unseres Vaterlandes, so finden wir hier zwei bedeutende, mit allen modernen Hilfsmitteln ausgerüstete Institute, die Hamburger Sternwarte in Bergedorf und die Berliner Universitätssternwarte in Neubabelsberg, beide erst kurz vor dem Kriege in Betrieb genommen. Babelsberg ist in der astronomischen Welt vor allem durch die dort ausgebildeten lichtelektrischen Beobachtungsmethoden bekannt geworden, von denen wir später noch hören werden. Außerdem gibt es u. a. zwei ältere leistungs-

fähige Observatorien, die namentlich auf gewissen Sondergebieten der Astrophysik an führender Stelle stehen, das astrophysikalische Observatorium in Potsdam und die badische Landessternwarte auf dem Königsstuhl bei Heidelberg. Das Potsdamer Institut wurde neuerdings durch den Bau eines modernen Turmteleskops erweitert, das



Abb. 5. Turmteleskop der Potsdamer Sternwarte

zunächst für die Prüfung gewisser, die Relativitätstheorie betreffender Fragen bestimmt ist, dann aber auch astrophysikalischen Untersuchungen dienen soll (Abb. 5).

Im übrigen Europa nehmen gegenwärtig das Königliche Observatorium in Greenwich, die Vatikan-Sternwarte in Rom (Abb. 6) und das Institut für theoretische Himmelsforschung in Groningen, dessen jüngst verstorbener Gründer, Jacobus Cornelius Kapteyn, einen bedeutenden Ruf als Erforscher des Sternsystems ge-

noß, den ersten Platz ein. Daneben sind zu nennen die Leydener Sternwarte, die russische Hauptsternwarte in Pulkowa, das Observatorium in Kopenhagen und die Nationalsternwarte in Paris, die vor einigen Jahrzehnten ihren großen photographischen Mondatlas herausgebracht hat.

Überaus reiche Hilfsmittel stehen der Astronomie in Nordamerika zur Verfügung. Eine Reihe großer und modern eingerichteter Sternwarten, meist nur durch private Unterstützung begründet und unterhalten, hat dort die Führung. Das Harvard-Observatorium in Cam-

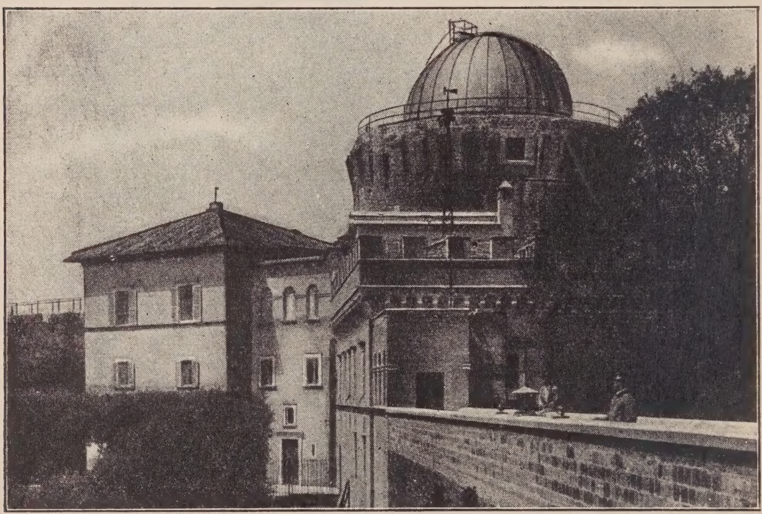


Abb. 6. Observatorium des Vatikans

bridge (Massachusetts), dessen genialer Leiter, Edward Charles Pickering († 1919), unterstützt von einem riesigen Mitarbeiterstabe, 40 Jahre lang auf allen Gebieten der Astrophysik bahnbrechend gearbeitet hat, das Lick-Observatorium auf dem Mt. Hamilton (Kalifornien) und die 1700 Meter hoch gelegene Mt.-Wilson-Sternwarte bei Pasadena (nicht weit von Los Angeles an der Küste des Stillen Ozeans) mit ihren seltsamen Turmteleskopen und ihren Riesenspiegeln, eine Schöpfung der Carnegie-Stiftung, stehen an erster Stelle. Das Harvard-Observatorium besitzt, um auch den südlichen Himmel zu beherrschen, eine Filiale auf der Südhalbkugel der Erde.

In der reinen, klaren Bergluft der Kordilleren liegt sie 2400 Meter über dem Meere bei dem Städtchen Arequipa in Peru. —

Für heute müssen wir uns mit diesem kurzen Rundblick begnügen. Wichtige Hilfsinstrumente, wie Photometer, Spektrographen, Meßmikroskope, Stereokomparatoren und manche andere, mußten wir dabei übergehen. Doch werden wir im weiteren Verlauf unserer Unterhaltungen sehen, wie der Forschergeist mit Hilfe dieser technischen Wunderwerke aus Glas und Stahl über Räume und Zeiten hinweg dem Universum sein Geheimnis abringt.

*

3. Die Sternbilder

Es wird im Laufe unserer Unterhaltungen oftmals von diesem und jenem Sternbild die Rede sein. Um dann mit den Namen auch eine lebendige Vorstellung verbinden zu können, werden wir gut daran tun, uns jetzt gleich ein wenig unter den Sternbildern umzusehen, wobei uns die Karte am Schluß des Büchleins nützliche Dienste leisten kann. Auf dieser Karte sind die lateinischen Namen der Sternbilder angegeben; da sich aber gewiß viele Leser nicht mit der lateinischen Sprache beschäftigt haben, stellen wir unserem Rundgang ein Verzeichnis der lateinischen und deutschen Namen der wichtigsten Sternbilder voran.

Andromeda	Andromeda	Hydra	Schlange
Aquila	Adler	Leo	Löwe
Aries	Widder	Libra	Wage
Auriga	Fuhrmann	Lyra	Leier
Bootes	Bootes	Monoceros	Einhorn
Cancer	Krebs	Ophiuchus	Schlangenträger
Canes venatici	Jagdhunde	Orion	Orion
Canis major	Großer Hund	Perseus	Perseus
Canis minor	Kleiner Hund	Pisces	Fische
Cassiopeia	Cassiopeia	Sagittarius	Schütze
Cepheus	Cepheus	Scorpius	Skorpion
Cetus	Walfisch	Scutum	Schild
Corona	Krone	Taurus	Stier
Cygnus	Schwan	Ursa major	Großer Bär
Draco	Drache	Ursa minor	Kleiner Bär
Gemini	Zwillinge	Virgo	Jungfrau
Hercules	Herkules		

Die einzelnen Sterne bezeichnet man, wie bemerkt, innerhalb jedes Sternbildes mit den Buchstaben des griechischen Alphabets; deshalb seien auch diese hier angegeben:

α	Alpha	η	Eta	ν	Ny	τ	Tau
β	Beta	ϑ	Theta	ξ	Xi	υ	Ypsilon
γ	Gamma	ι	Jota	ο	Omikron	φ	Phi
δ	Delta	κ	Kappa	π	Pi	χ	Chi
ε	Epsilon	λ	Lambda	ρ	Rho	ψ	Psi
ζ	Zeta	μ	My	σ ς	Sigma	ω	Omega

In Verbindung mit diesen Buchstaben steht der lateinische Sternbildname immer im zweiten Fall, der bei den meisten Wörtern auf ae, i oder is endigt, z. B. α Coronae, β Cygni, α Orionis usw.

Endlich möge noch eine Auswahl der besonderen Namen hinzugefügt werden, die man einzelnen, meist helleren Sternen gegeben hat.

Aldebaran	α Tauri	Gemma	α Coronae
Algol	β Persei	Mira	ο Ceti
Alkor	ζ Ursae maj.	Mizar	ζ Ursae maj.
Alcyone	η Tauri	Polaris	α Ursae min.
Antares	α Scorpii	Prokyon	α Canis min.
Arcturus	α Bootis	Regulus	α Leonis
Atair	α Aquilae	Rigel	β Orionis
Beteigeuze	α Orionis	Sirius	α Canis maj.
Capella	α Aurigae	Spica	α Virginis
Deneb	α Cygni	Wega	α Lyrae

Das einfachste Mittel, den gestirnten Himmel mittels einer Sternkarte kennenzulernen, ist das Alignement oder die Verbindung der unbekannten Sterne mit den bereits bekannten durch gerade Linien auf der Karte, welche Linien dann am Himmel durch Bogen größter Kreise dargestellt werden.

Jedermann kennt den Großen Bären oder den Wagen, der aus sieben helleren Sternen besteht, von denen vier ein Viereck und die drei anderen eine krumme Linie bilden; von dieser Figur wollen wir daher im Folgenden ausgehen.

Kleiner Bär. Eine gerade Linie durch die zwei äußersten Sterne β und α dieses Vierecks im Wagen führt auf den Polarstern, den äußersten Stern im Kleinen Bären, der ebenfalls aus sieben Sternen besteht, und ein dem Großen Bären einigermaßen ähnliches, nur verkehrtes Bild gibt, insofern die Schweife der beiden Bären immer nach einander entgegengesetzten Stellen des Himmels gerichtet sind.

Cassiopeia. Der Polarstern liegt in der Mitte der geraden Linie, die δ im großen Bären mit α in der Cassiopeia verbindet. Cassiopeia

ist durch fünf Sterne, α, β, γ, δ, ε, ausgezeichnet, die in der Ordnung α, β, γ, δ, ε ein ziemlich regelmäßiges W bilden.

Cepheus. Eine gerade Linie durch α und β der Cassiopeia, nahe viermal so groß als diese Distanz führt zu dem Stern α im Cepheus. Dieser Stern bildet mit zwei anderen, β und γ, ein gleichschenkliges Dreieck α β γ, dessen Winkel an β sehr stumpf ist. Die gerade Linie durch α und β im Cepheus weist auf den Polarstern.

Drache. Eine Linie durch δ der Cassiopeia und β des Cepheus, noch einmal so weit verlängert, geht durch den Kopf des Drachen. Die anderen helleren Sterne dieses Bildes erkennt man leicht, denn diese Sternreihe bildet eine dem Z ähnliche Figur von drei Linien, deren mittlere mit dem Viereck des Kleinen Bären parallel läuft.

Andromeda. Eine Linie durch den Polarstern und durch β der Cassiopeia führt, um das Doppelte verlängert, auf den Stern α Andromedae, die Linie durch den Polarstern und ε der Cassiopeia auf γ Andromedae, worauf man die übrigen Sterne dieses Bildes leicht auffinden wird.

Perseus. Die Linie durch β und γ der Andromeda, noch einmal so weit verlängert, geht auf die Mitte zwischen α und β im Perseus. Eine gerade Linie durch α des Cepheus und ε der Cassiopeia geht ungefähr durch die vier helleren Sterne, γ, α, δ und ε im Perseus.

Fuhrmann. Wenn man auf der geraden Linie zwischen dem Polarstern und α der Cassiopeia ein gleichseitiges Dreieck errichtet, so liegt die dritte Ecke in α im Fuhrmann oder Capella. Eine Gerade durch Capella und δ Persei führt auf den Stern β im Fuhrmann.

Stier. Ein nahezu gleichschenkliges Dreieck bilden die Sterne ε Cassiopeia, Capella und α im Stier (Aldebaran). Die Gruppe von Sternen, deren hellster Aldebaran ist, hat die Gestalt eines V und führt den Namen *Hyaden*; in ihrer Nähe erblickt man eine andere, kleinere und gedrängtere Sterngruppe, die *Plejaden*.

Widder und **Fische.** Eine gerade Linie durch ε der Cassiopeia und γ der Andromeda geht verlängert durch α im Widder und α in den Fischen so, daß diese vier Sterne die erwähnte Linie in drei nahezu gleiche Teile teilen.

Walfisch. α im Widder, α in den Fischen und α im Walfisch bilden ein gleichseitiges Dreieck; dasselbe gilt auch von α im Wal-

fisch, α im Widder und den Plejaden, so daß die Plejaden und die genannten drei Einzelsterne eine ziemlich regelmäßige Raute bilden.

Zwillinge. Eine gerade Linie durch α und β im Fuhrmann führt, dreimal verlängert, durch α (Castor), viermal verlängert durch β (Pollux) in den Zwillingen. Auch eine gerade Linie durch η und β im Großen Bären geht nahe durch Castor und Pollux.

Orion. Aldebaran, Castor und α im Orion bilden nahezu ein gleichschenkliges Dreieck, sowie diese Sterne mit Capella ein regelmäßiges Viereck ausmachen. Das Sternbild Orion, das schönste am Himmel, ist überhaupt leicht an den beiden hellen Sternen α und β und den drei, die Verbindungslinie jener senkrecht schneidenden Sternen δ, ε, ζ zu erkennen, die dicht nebeneinander in einer Reihe stehen.

Großer und **Kleiner Hund.** Die drei Sterne α im Orion, Castor und Prokyon (α im Kleinen Hund) bilden ein gleichschenkliges, die Sterne α im Orion, Prokyon und Sirius (α im Großen Hund) ein gleichseitiges Dreieck.

Löwe, Wasserschlange, Krebs. Castor, Prokyon und Regulus (α im Löwen) bilden ein fast regelmäßiges Dreieck. Castor, Prokyon, Regulus und α in der Wasserschlange bilden ein regelmäßiges Parallelogramm; im Durchschnittspunkt der beiden Diagonalen dieses Vierecks steht α im Krebs.

Bootes, Jungfrau und **Wage.** Die beiden Sterne β im Löwen und γ im Großen Bären bilden mit Arktur (α im Bootes) ein gleichseitiges Dreieck, und die eine Seite dieses Dreiecks ist zugleich die Seite einer sehr regelmäßigen Raute, die durch die vier Sterne β im Löwen, Arktur, Spica (α in der Jungfrau) und α in der Wage bezeichnet wird. Durch den letztgenannten Stern wird aber auch das kleine Quadrat erkannt, das die vier Sterne α, β, γ und ι der Wage unter sich bilden. Eine gerade Linie durch Spica und Arktur führt auf die Mitte des kleinen Vierecks, das die Sterne γ, δ ε und ς im Bootes bilden.

Krone, Herkules und **Schlangenträger.** Eine gerade Linie durch ε und ζ im Großen Bären geht durch die Krone, ein kleines leicht zu erkennendes Bild, da es aus mehreren nahe benachbarten Sternen besteht, die einen gegen den Polarstern offenen Kreisbogen bilden. Eine gerade Linie durch γ und ε im Großen Bären führt auf das Viereck ε, η, ζ, π im Herkules, die Diagonale durch η und ε

dieses Vierecks auf α im Herkules, unter dem man auch sogleich den etwas helleren Stern α und die schwächeren β und γ im Ophiuchus erblickt.

Leier, Schwan und **Adler.** Eine gerade Linie durch γ und δ im Großen Bären geht durch Wega (α in der Leier). Durch diesen Stern kommt man sofort auf ein auffallendes, großes Dreieck, das durch die drei Sterne erster Größe Wega, Deneb (α im Schwan) und Altair (α im Adler) gebildet wird. Neben Wega sieht man leicht die zwei südlichen Sterne β und γ der Leier; neben Deneb die vier Sterne β, δ, ε und γ Cygni, die ein großes Kreuz bilden, und endlich zu beiden Seiten des Altair seine beiden Begleiter β und γ im Adler. —

Andere Verbindungen der Sterne durch gerade Linien, durch Drei- oder Vierecke usw. wird der bloße Anblick der Karte jedermann ohne Mühe geben.

⋆

4. Ferne Welten

Wir sehen am Himmel Sterne verschiedenster Helligkeit; alle Übergänge vom strahlenden Sirius zum feinsten noch sichtbaren Lichtpünktchen finden sich vor. Ist nun jenes Sternchen dort, das nur hin und wieder aus dem Dunkel aufblitzt, wirklich so viel lichtschwächer als sein heller Nachbar, oder sollte es in Wahrheit vielleicht viel mächtiger an Leuchtkraft sein, aber weit, hundertmal weiter von uns entfernt als jener? Denn wir wissen ja doch, daß ein Licht uns um so schwächer erscheint, je weiter es entfernt ist.

Diese Überlegung führt uns auf ein Problem, das die Schwelle der Erforschung des Weltalls bildet: wie weit sind die Sterne entfernt, und wie können wir ihre Entfernungen messen?

Als Kopernikus vor 450 Jahren mit seinem neuen Planetensystem hervortrat und lehrte, daß die Erde gleich einigen anderen, an sich dunklen Weltkörpern, den Planeten, um die Sonne laufe[1]), und zwar — wie wir heute wissen — in einem etwas gestreckten Kreise von rund 300 Millionen Kilometer Durchmesser, erhoben seine Gegner den Einwand, daß sich infolge einer solchen Bewegung auch der Anblick des Sternhimmels ändern müsse. Denn wir würden ihn ja heute von einem anderen Punkte der Erdbahn aus betrachten als gestern, vor einem, zwei oder gar sechs Monaten, wo die Erde um volle 300 Millionen Kilometer, den Durchmesser ihrer jährlichen Bahn, von ihrem gegenwärtigen Orte entfernt war. Derartiges beobachten wir aber nicht im mindesten. Der Große Bär, der Orion, die Zwillinge und alle anderen Sternbilder sehen heute genau so aus wie vor einem Viertel-, einem halben Jahre. Was folgt nun daraus, die Richtigkeit des kopernikanischen Systems vorausgesetzt?

Nehmen wir einen Vergleich zu Hilfe. Wenn wir uns des Abends im Eisenbahnzuge einer großen Stadt nähern, so bemerken wir, wie

[1]) Vgl. Eine Fahrt durch die Sonnenwelt, 1. u. 2. Kapitel.

die Signallichter der Bahnstrecke blitzschnell am Wagenfenster vorbeisausen, die Bogenlampen des weit ausgedehnten Güterbahnhofes schon nicht mehr so schnell, noch langsamer gleiten die Lichter der Stadt vorüber, die sich jenseits der Schienenstränge hinzieht, während endlich der Abendstern dort im Westen still und unbeweglich zum Fenster hereinleuchtet. — Was ist der Sinn dieser Beobachtungen? Offenbar dieser: Die Gegenstände spiegeln unsere eigene Bewegung wider, indem sie scheinbar selbst ihren Ort verändern, aber dies um so schwächer, je weiter sie von uns entfernt sind. Und hierauf stützte sich die einzige Antwort, die Kopernikus damals seinen Gegnern geben konnte: Die Fixsterne sind eben so weit entfernt, daß sie trotz des Erdumlaufes keine für das bloße Auge sichtbare Ortsveränderung erleiden; es bedürfte schon äußerst empfindlicher Instrumente, um unter ihnen solche Verschiebungen nachzuweisen, wie sie in so viel stärkerem Maße der Reisende an den Lichtern da draußen bemerkt.

Die kopernikanische Theorie hatte sich längst allgemeine Anerkennung verschafft, als es im Jahre 1846 dem Königsberger Astronomen Bessel gelang, zum ersten Male die geforderte Verschiebung — die Parallaxe, wie die Astronomen sagen — eines Fixsternes gegen seine Nachbarsterne zu beobachten. Was hatte man damit aber gewonnen? Offenbar die Entfernung eben dieses Sternes. Denn nach unserem Beispiel leuchtet ein, daß man die Größe der Verschiebung als umgekehrtes Maß der Entfernung eines Gegenstandes betrachten darf; die Lichter in unserem Beispiel schienen ja ihren Ort um so stärker zu verändern, je geringer ihre Entfernung von uns war. Die Astronomen haben dies in ein mathematisches Gesetz gefaßt, aus dem sie nun für jede gemessene Verschiebung — Parallaxe — sogleich die Entfernung des betreffenden Sternes berechnen können (Abb. 7).

Und nun das Ergebnis dieser ersten Parallaxenmessung. Es handelt sich um den Stern 61 im Schwan, ein Objekt 5. Größe, also nicht sehr hell, aber mit bloßem Auge noch gut sichtbar. Bessel hatte also mit Hilfe einer besonderen Meßvorrichtung an seinem Fernrohr gefunden, daß 61 seine Stellung zu den Nachbarsternen im Laufe eines Jahres wechselweise ändere, während diese selbst in Ruhe blieben, d. h. unmeßbar weit entfernt sind. Und zwar ergab sich die Verschiebung von 61, wissenschaftlich ausgedrückt, zu 0.3 Bogensekunden. Dies entspricht etwa dem Anblick einer 1.5 mm langen Strecke, die man aus 1 km Entfernung betrachtet, eine wirksame Veranschau-

lichung der Schwierigkeit, Parallaxen zu messen. — Und nun stehen wir auf einmal der schrankenlosen Weite des Raumes gegenüber; denn mehr als 98 Billionen Kilometer rückt die gefundene Parallaxe unsern Stern in das All hinaus. Schon auf der Fahrt durch die Sonnenwelt bekamen wir es mit Strecken zu tun, vor denen der

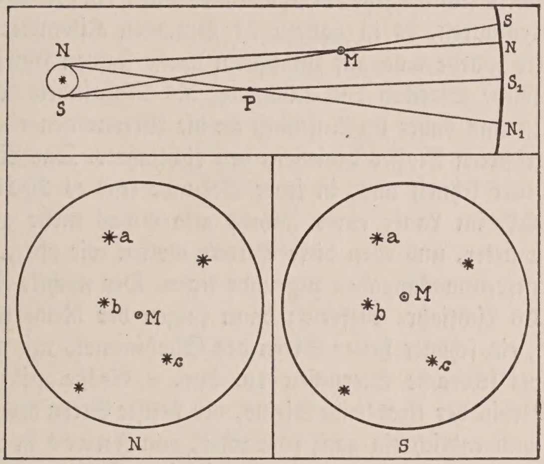


Abb. 7. Zur Messung der Sternentfernungen. Der obere Teil der Abb. zeigt links als kleinen Kreis die Erdbahn, ferner zwei Fixsterne P und M und rechts das Stück der Himmelskugel, an welche die Sterne versetzt erscheinen. Befindet sich die Erde im Punkte N ihrer Bahn, so sehen wir die beiden Sterne in N bzw. N_1 an der Himmelskugel, während sie ein halbes Jahr später, wenn die Erde nach S gelangt ist, in S bzw. S_1 erscheinen. Der nahe Stern P verschiebt sich also um die Strecke N_1S_1, während der weitere M die viel kleinere Parallaxe NS zeigt. Unten ist angedeutet, wie eine Gruppe von 6 Sternen, von denen einer, M, eine merkliche Parallaxe zeigt, heute und nach $^1/_2$ Jahr im Fernrohr oder auf der photographischen Platte erscheinen würde. Der nahe Stern M zeigt sich gegen die übrigen verschoben

mächtige Erdball wie zu einem Sandkörnchen zusammenschrumpft, fanden wir doch den Abstand des äußersten Planeten, des Neptun, von der Sonne zu rund $4^1/_2$ Milliarden Kilometer; aber selbst diese gewaltige Strecke müßten wir 22000 mal durchmessen, um zu dem

Stern 61 im Schwan zu gelangen. Und dabei ist dieser, wie sich zeigen wird, noch einer der nächsten Fixsterne!

Die Parallaxenmessungen wurden nun mit Eifer fortgesetzt, doch blieb die Ausbeute zunächst sehr gering. Noch vor 20 Jahren waren erst die Entfernungen von etwa 50 Sternen bekannt. Als nächster Fixstern erwies sich bis jetzt ein schwaches Objekt 10. Größe im Sternbild des Centauren, es ist nahezu 37 Billionen Kilometer von uns entfernt. Es würde bald auf unbequem große Zahlen führen, wollte man für solche Strecken das Kilometer als Maßeinheit beibehalten. Wir werden uns daher im Anschluß an die Astronomen eines neuen, sehr viel größeren Maßes bedienen, des Lichtjahres. Das Licht breitet sich ungeheuer schnell aus; in jeder Sekunde legt es 300 000 Kilometer zurück, im Laufe eines Jahres also etwas mehr als 9 Billionen Kilometer, und eben diese Strecke wollen wir als „Lichtjahr" unseren Entfernungsangaben zugrunde legen. Der nächste Fixstern ist danach 4,06 Lichtjahre entfernt; dann folgen der Reihe nach α im Centauren, ein schöner heller Stern des Südhimmels mit 4,30 Lichtjahren, zwei schwache Sternchen 10. bzw. 8. Größe mit 6,12 und 8,09, weiterhin der strahlende Sirius, der hellste Stern des Himmels, mit 8,67 und endlich ein ganz schwaches, von I n n e s in Johannesburg entdecktes Sternchen 12. Größe mit einer Entfernung von 9,62 Lichtjahren. Das sind nach unseren heutigen Kenntnissen die sechs nächsten Sterne.

Mit zunehmender Entfernung wachsen die Schwierigkeiten der Parallaxenmessung rasch ins Unüberwindliche, und es wäre um unsere Kenntnis der Sternentfernungen schlecht bestellt, wenn nicht die Himmelsphotographie ihre Dienste angeboten hätte. Ein Stern, dessen Parallaxe man bestimmen will, wird heute einfach mit seiner Umgebung mehrmals in Zeitabständen von etwa 6 Monaten photographiert, und anstatt seinen Abstand von den Nachbarsternen mühsam am Fernrohr zu messen, führt nun der Astronom diese Arbeit in aller Bequemlichkeit auf der photographierten Platte aus. Die Vergleichung der verschiedenen Platten läßt dann erkennen, ob und wie stark sich der betreffende Stern gegen seine Nachbarn verschoben hat, liefert uns also seine Parallaxe und damit die Entfernung (vgl. nochmals Abb. 7).

Auf diese Weise sind in den letzten Jahren namentlich an einzelnen amerikanischen Sternwarten, die über besondere, zu solchen Auf-

nahmen geeignete Fernrohre verfügten, Hunderte von Parallaxen gemessen worden. Wir fügen eine kleine Tafel bei, in der die Entfernungen von 20 der hellsten Sterne des Himmels zusammengestellt sind.

α im Sternbild		Großer Hund (Sirius)	9	Lichtjahre
α "	"	Carina (Canopus)	652	"
α "	"	Leyer (Wega)	26	"
α "	"	Bootes (Arkturus)	41	"
α "	"	Fuhrmann (Capella)	43	"
β "	"	Orion (Rigel)	543	"
α "	"	Centaur	4	"
α "	"	Kleiner Hund (Prokyon)	10	"
α "	"	Eridanus	67	"
α "	"	Adler (Atair)	16	"
β "	"	Centaur	91	"
α "	"	Südl. Kreuz	109	"
α "	"	Orion (Beteigeuze)	192	"
α "	"	Stier (Aldebaran)	57	"
α "	"	Scorpion (Antares)	126	"
α "	"	Jungfrau (Spica)	362	"
β "	"	Zwillinge (Castor)	32	"
α "	"	Löwe (Regulus)	56	"
α "	"	Schwan (Deneb)	652	"
β "	"	Südl. Kreuz	408	"

So weitet sich die Fläche zum Raume, und die kleinen, funkelnden Lichtpunkte, die für unser Auge den Himmel schmücken, sieht der Geist weit hinausgerückt in die einsame Unendlichkeit; ein jeder fern von uns und fern von den andern. —

Jetzt können wir auch die eingangs gestellte Frage nach den wahren Helligkeiten der Sterne wieder aufnehmen. Für den irdischen Beobachter, der den Himmel betrachtet, erscheint z. B. Sirius als der weitaus hellste Stern; nach genauen Messungen fast 6 mal heller als der benachbarte, ebenfalls sehr helle Rigel (β im Orion). Nun ist aber Rigel nach unserer Tabelle über 60 mal so weit entfernt wie Sirius [543 : 9 = 60.3]. Andrerseits hängt die Helligkeit eines Lichtes — wissenschaftlich ausgedrückt — von dem Quadrat der Entfernung ab; d. h. versetzen wir ein Licht in eine 10 mal größere Entfernung, so erscheint es nicht nur 10 mal, sondern 10 mal 10 = 100 mal schwächer, wie es umgekehrt 100 mal heller leuchten würde, wenn wir es uns bis auf 1 Zehntel der ursprünglichen Entfernung näherten. Denken wir uns also Rigel bis in die Entfernung des Sirius zu uns

herangerückt, so würde seine Helligkeit um das 60 mal 60 = 3600fache zunehmen. Scheinbar 6 mal lichtschwächer als Sirius ist er also in Wahrheit 3600 : 6 = 600 mal heller als dieser, und Sirius würde, in die Entfernung Rigels versetzt, nur als Sternchen 7. Größe erscheinen, also für das unbewaffnete Auge überhaupt nicht sichtbar sein.

Von jetzt an werden wir also die Helligkeiten der Sterne nicht mehr nach dem bloßen Augenschein vergleichen; wir wissen ja nun, wie sehr die Unterschiede in den Entfernungen dabei mitspielen. Auch die Sternbilder erweisen sich als das, was sie eigentlich sind: rein zufällige Gruppierungen von Sternen, die im Grunde genommen nichts miteinander zu tun haben; ist doch nach unserer Zusammenstellung z. B. β im Orion fast 4 mal so weit von uns entfernt, wie α, während die Entfernung von β im Centauren die des Sternes α dieses Bildes gar um das 23fache übertrifft. —

Wir haben nun zwar die Helligkeiten der Sterne untereinander verglichen, aber eine Vorstellung von ihrer wahren Natur konnten wir daraus noch nicht gewinnen. Das wird mit einem Schlage anders, wenn wir die Sterne mit einem uns allen bekannten Himmelskörper vergleichen, der Sonne. Rigel z. B. ist 543 Lichtjahre oder rund 5000 Billionen Kilometer von uns entfernt, das Tagesgestirn aber nur 150 Millionen Kilometer, wie wir auf unserer Fahrt durch die Sonnenwelt gefunden haben. Denken wir uns nun Rigel ebenfalls bis auf 150 Millionen Kilometer genähert, so ergibt eine ähnliche Rechnung wie oben, daß jener Stern an 20 000 mal stärker leuchtet als unsere Sonne, während diese in der Entfernung Rigels zu einem winzigen Sternchen 11. Größe herabsinken würde! Ähnliche Zahlen ergeben sich für andere helle Sterne; Deneb ist 12 000, Spica nahezu 4000 mal lichtstärker als unsere Sonne.

Da so große Entfernungen, wie die der genannten 3 Sterne, nur mit mäßiger Genauigkeit bestimmt werden können, sind die erhaltenen Zahlen auch nur angenähert richtig; sie können in Wahrheit kleiner aber auch größer sein. Jedenfalls lehren sie uns, daß wir in den Fixsternen Himmelskörper von gewaltiger Leuchtkraft vor uns haben. Freilich, nicht viele scheinen so hell zu sein wie Rigel oder Deneb; manche, wie α im Centauren, sind kaum ebenso hell wie die Sonne, andere, z. B. Prokyon und Altair, nur wenig heller als sie. Vorhin haben wir einige der nächsten Sterne kennen gelernt; sie

leuchten fast alle bedeutend schwächer als die Sonne. So übertrifft unser Tagesgestirn ein von Barnard entdecktes Sternchen 10. Größe, das nur 6 Lichtjahre von uns entfernt ist, an Leuchtkraft um das 2300fache und ein anderes, von Innes untersuchtes, gar um das 7000fache.

Sehen wir von den äußersten Werten ab, so entspricht also die wahre Helligkeit der Fixsterne im Mittel etwa derjenigen unserer Sonne, und es liegt der Gedanke nahe, daß sie auch an Größe mit ihr vergleichbar sind. Die Sonne ist, wie wir früher gesehen haben[1]), eine Kugel, eine glühende Gaskugel, und die Kugelgestalt dürfen wir ohne weiteres auch für die Sterne voraussetzen, da sie die Form ist, die ein solcher Himmelskörper unter dem Einfluß der Schwerkraft annehmen muß. Aber es ist sehr schwer, die Durchmesser der Sterne mit einiger Genauigkeit zu bestimmen; denn selbst die stärksten Fernrohre zeigen sie uns, ebenso wie das bloße Auge, streng punktförmig, und nicht etwa, wie oft geglaubt wird, vergrößert. Zum Glück hat man aber in den letzten Jahren Methoden ausgearbeitet, die uns teils durch unmittelbare Messungen mit besonderen Instrumenten, sog. Interferometern, teils auf Grund gewisser physikalischer Überlegungen die Durchmesser von einigen hundert Sternen geliefert haben, und diese Ergebnisse stellen uns die Fixsterne in der Tat als Weltkörper dar, die es auch an Größe sehr wohl mit dem mächtigen Sonnenball, der 1.3 Milliarden Erdkugeln in sich faßt, aufnehmen können. So finden wir z. B. den

Durchmesser	von	σ	im	Drachen	zu $^3/_4$	des Sonnendurchmessers
"	"	μ	in der	Cassiopeia	" $^2/_3$	" "
"	"	δ	im	Dreieck	" $^9/_{10}$	" "
"	"	π^3	"	Orion	gleich	dem Sonnendurchmesser
"	"	χ^1	"	"	"	" "
"	"	ϑ^2	"	Stier	zum 3	fachen des Sonnendurchmessers
"	"	α	in der	Krone	" 3	" " "
"	"	δ	im	Perseus	" $6^1/_2$	" " "
"	"	γ	in der	Cassiopeia	" 12	" " "
"	"	α	im	Perseus	" 30	" " "
"	"	α	"	Stier	" 65	" " "

Zwei Sterne von geradezu gigantischen Dimensionen sind Beteigeuze (α im Orion) und Antares (α im Skorpion); jeder von ihnen faßt nahezu 600 Millionen Kilometer im Durchmesser.

[1]) Siehe Eine Fahrt durch die Sonnenwelt, Kapitel 2 und 10.

So unsicher diese Zahlen im einzelnen auch noch sein mögen, die Vermutung, daß die Fixsterne Sonnen sind, wie die Sonne ein Fixstern, ist uns durch dieses Kapitel unserer Unterhaltungen schon fast zur Gewißheit geworden. —

Mit wie ganz anderen Augen schauen wir jetzt auf das tausendfältige Gefunkel am nachtschwarzen Himmel! Weit hinaus in die unermeßlichen Fernen des Raumes schweift unser Geist, und wo das Auge nur flimmernde Lichtpunkte sieht, da weiß er mächtige, strahlende Sonnen — Leuchtkugeln des Weltalls. —

*

5. Mit Prisma und Kamera

Angesichts der überaus großen Leuchtkraft der Sterne dürfen wir in ihnen eine so hohe Temperatur erwarten, daß alle vorkommenden

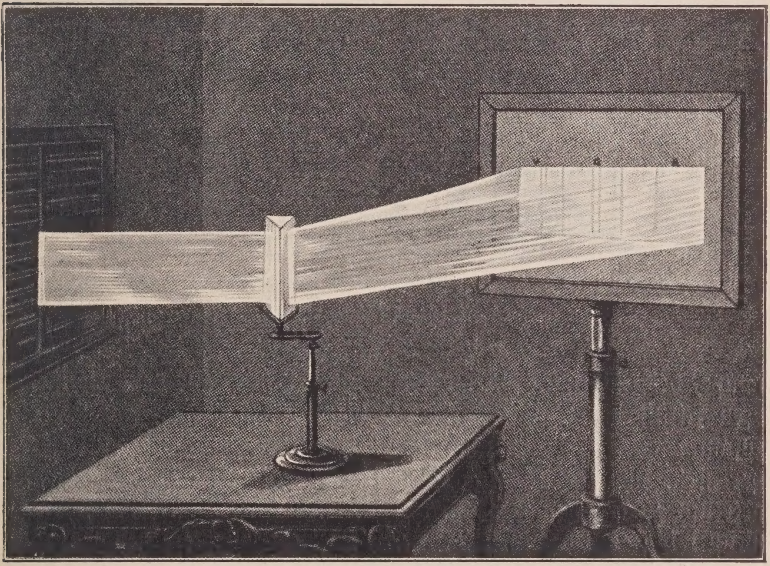


Abb. 8. Prisma und Spektrum

Stoffe nicht nur geschmolzen sind, sondern überhaupt nur in dampfförmigem Zustande auftreten, wie die Leser, welche unsere Fahrt durch die Sonnenwelt mitgemacht haben, es bereits von der Sonne her wissen.

Aber aus was für Stoffen sind denn die Sterne aufgebaut? Eine Antwort auf diese Frage zu finden, schien noch vor wenigen Men=

schenaltern ganz hoffnungslos; heute gibt uns die Spektralanalyse leicht und sicher Auskunft darüber.

Setzen wir vor den schmalen Lichtspalt, den der fast geschlossene Blendladen noch in ein dunkles Zimmer dringen läßt, ein dreiseitig geschliffenes Stück feinen Glases, ein sog. Prisma (vgl. Abb. 8), so erscheint der Streifen weißen Lichtes auf einen hingehaltenen Schirm in ein breites Band auseinandergezogen, das nebeneinander in ganz allmählichen Übergängen die sieben Farben Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett enthält. Wir haben damit ein sog. Spektrum erzeugt. Das weiße Licht der Sonne, einer Bogen-

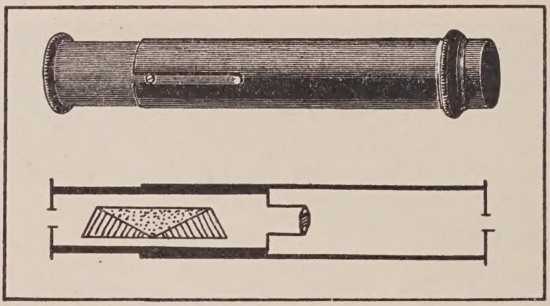


Abb. 9. Kleines Spektroskop

lampe, des glühenden Metallstromes, der zischend aus dem Schmelzofen fließt, besteht tatsächlich aus vielen verschiedenen Farben, die zusammengenommen in unserem Auge den Eindruck von Weiß hervorrufen, und das Prisma ist unser Hilfsmittel, alle diese Farben getrennt zu erhalten. Das Spektrum wird noch länger und schöner, wenn wir statt eines Prismas deren zwei oder mehrere nehmen, und um möglichst bequem damit arbeiten zu können, fassen wir diese Prismen in ein Messingröhrchen, das an beiden Enden mit Glaslinsen verschlossen wird. Eine solche Vorrichtung heißt Spektroskop (Abb. 9). Hält man ein Spektroskop dicht vor das Auge und richtet es auf ein helles Licht, so sieht man ein Spektrum, das dank der Wirkung der beiden Linsen besonders schön und farbenrein erscheint.

Jetzt ein zweiter Versuch! In einer Gasflamme, die ja bei Tag fast unsichtbar ist, verbrennen wir ein Stückchen Kochsalz. Sofort färbt sich die Flamme stark gelb. Nun schnell das Spektroskop darauf

gerichtet. Aber was sehen wir! Diesmal ist's kein leuchtendes Farbenband, sondern nur eine schmale gelbe Lichtlinie. In einer Chemikalienhandlung besorgen wir uns nun etwas metallisches Lithium und stellen mit ihm denselben Versuch an; wieder zeigt das Spektroskop nur eine schmale Lichtlinie, diesmal von intensiv roter Farbe. Hier sind wir Tatsachen auf die Spur gekommen, die sich uns nachher als äußerst wichtig für die eingangs gestellte Frage nach dem Aufbau der Sterne erweisen werden.

Die ganze irdische Natur ist aus etwa 90 verschiedenen Grundstoffen, sog. Elementen, aufgebaut, die getrennt, wie in zahllosen Verbindungen untereinander, vorkommen. Das leichte Metall Lithium ist ein solcher Grundstoff, ebenso Natrium, das zusammen mit dem Chlor das Kochsalz bildet. Andere Grundstoffe sind Eisen, Nickel, Kupfer, Gold, Kalium, Schwefel, die Gase Sauerstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff u. a. m. Z. B. ergeben Wasserstoff und Sauerstoff in bestimmtem Verhältnis gemischt Wasser, Sauerstoff und Stickstoff verbinden sich zu Luft usw.

Wenn man ein Element, etwa Eisen, erhitzt, so wird es zunächst rotglühend, dann weißglühend flüssig, und schließlich verwandelt es sich gar in glühenden Dampf. Wie wir im ersten Bändchen gesehen haben, tritt dies bei manchen Elementen, u. a. auch bei Natrium und Lithium schon unter verhältnismäßig niedrigen Temperaturen ein, bei anderen, wie Eisen und Platin erst nach sehr starker Erhitzung. Solange nun ein glühendes Metall fest oder flüssig bleibt, ergibt es im Spektroskop jenes leuchtende Farbenband, das wir von unserem ersten Versuch her kennen. Sobald es aber in leuchtenden Dampf übergegangen ist, wie das Natrium und Lithium in unserer Gasflamme, sehen wir im Spektroskop nur noch getrennte helle Linien. Und das wichtige daran ist, daß jedes Element seine ganz bestimmten Linien hat, die bei jedem Versuch immer wieder an derselben Stelle und in derselben Anordnung auftreten. So das Natrium jene gelbe Linie, das Lithium die rote, Quecksilber außer mehreren schwächeren eine intensiv grüne u. s. f. Manche Elemente zeigen in ihrem Spektrum einen außerordentlichen Reichtum an Linien aller Farben, das Eisen z. B. deren mehr als 5000.

Alle diese Tatsachen haben eine äußerst vielgestaltige Anwendung gefunden. Nur ein Beispiel aus dem täglichen Leben. Da soll irgendein Nahrungsmittel, etwa eine Schokolade, die nach den Angaben des

Herstellers aus den und den Stoffen besteht, auf ihre Echtheit geprüft werden. Der Chemiker nimmt eine Probe davon, verdampft sie durch sehr starke Erhitzung und untersucht nun das Spektrum des Dampfes. Ist die Ware echt, so müssen die Linien der Elemente, aus denen letzten Endes die benutzten Rohstoffe, wie Kakao, Milch, Zucker usw. zusammengesetzt sind, im Spektroskop erscheinen. Eben dieses Verfahren nennt man mit einem wissenschaftlichen Ausdruck Spektralanalyse.

Wir haben es hier nun vor allem mit der Anwendung der Spektralanalyse in der Himmelsforschung zu tun, und ebenso wie der Chemiker in den Spektren seiner Präparate liest, wollen wir die der Sonne und der Sterne zu deuten suchen.

Mit den einfachen Mitteln des Versuches, den wir vorhin beschrieben, erscheint das Sonnenspektrum nur als zusammenhängendes Lichtband der sieben Farben von Rot bis Violett, wissenschaftlich ausgedrückt: als kontinuierliches Spektrum. Nehmen wir jedoch ein gutes Spektroskop zu Hilfe, so bemerken wir noch etwas anderes, nämlich eine große Zahl feiner dunkler Linien, die allenthalben das Farbenband durchziehen. Zwei deutschen Physikern, Kirchhoff und Bunsen, gebührt das Verdienst, die Bedeutung dieser Linien aufgeklärt zu haben. Um die Sache richtig zu verstehen, kehren wir noch einmal zu unserem Experiment mit der Kochsalzflamme zurück. Wir machen den Versuch von neuem und erhalten im Spektroskop wieder die bekannte gelbe Linie. Jetzt stellen wir unmittelbar hinter der Gasflamme mit dem heißen Natriumdampf eine sehr helle elektrische Bogenlampe auf. Was geschieht? Im Spektroskop erscheint sofort das zusammenhängende Farbenband, das Spektrum der Bogenlampe; an derselben Stelle jedoch, wo sich vorher die gelbe Natriumlinie befand, zeigt sich jetzt eine dunkle Linie, und genau entsprechendes tritt ein, wenn wir den Versuch mit irgend einem anderen Element vornehmen. Die ursprünglich hellen Linien, die das verdampfende Element im Spektroskop zeigt, erscheinen nun im Kontrast zu dem noch helleren Untergrund des kontinuierlichen Bogenlichtspektrum als dunkle Linie.

Die Nutzanwendung für das Sonnenspektrum liegt auf der Hand. Wir haben es bei der Sonne zunächst mit einer sehr heißen Oberflächenschicht zu tun, die — obwohl gasförmig — doch aus einem noch nicht ganz geklärten Grunde im Spektroskop ein leuchtendes

Farbenband, das kontinuierliche Spektrum ergibt. Darüber aber lagert eine Schicht weniger heißer Dämpfe der verschiedensten Elemente, denen die dunklen Linien in dem kontinuierlichen Spektrum zuzuschreiben sind; ähnlich also, wie bei unserem Versuch die Natriumdämpfe des in der Flamme verbrannten Salzes das helle Bogenlicht umgeben.

Indem wir nun die dunklen Linien des Sonnenspektrums untersuchen und in ihrer Anordnung mit den bekannten hellen Linien der irdischen Grundstoffe vergleichen, können wir entsprechend dem Chemiker in unserem früheren Beispiel genau bestimmen, welche der uns bekannten Stoffe auf der Sonne vorkommen. Und da zeigt sich denn, daß die Sonne aus denselben Elementen aufgebaut ist, die auch den Erdball und seine Lebewesen zusammensetzen. Nur ein einziges Element hat man gefunden, das vorher nicht bekannt war, das Heliumgas, aber siehe da, kurze Zeit später wurde es auch auf Erden entdeckt, und heute gebraucht man es in Amerika zum Antrieb der Luftschiffe.

Jetzt sind wir soweit, um auch die Spektralanalyse der Fixsterne mit Erfolg aufnehmen zu können. Allerdings kommen wir hier mit einem gewöhnlichen Spektroskop nicht weit, weil das Licht der Fixsterne wegen ihrer großen Entfernung zu schwach ist. Hier muß wieder die Photographie helfen, denn durch genügend langes Belichten lassen sich auch sehr schwache Helligkeitseindrücke noch auf die Platte bannen. Wir photographieren also die Spektra, anstatt sie unmittelbar zu beobachten, indem wir mit dem Spektroskop eine photographische Kamera verbinden. Eine solche Einrichtung heißt dann Spektograph und wird am unteren Ende eines großen Fernrohres befestigt. Die modernen Spektographen stellen sehr umfangreiche, äußerst sorgfältig gebaute Apparate dar; um zu verhindern, daß sich die Prismen gleich allen andern Körpern bei steigender Lufttemperatur ausdehnen, bei sinkender zusammenziehen, was bei längerer Belichtungszeit die Aufnahmen verderben würde, schließt man sie, wie alle empfindlichen Teile des Instruments, in einen Wärmeschutzkasten ein, der im Inneren durch elektrische Heizung stets auf gleichbleibender Temperatur gehalten werden kann.

Auf photographischem Wege ist nun eine große Anzahl von Sternspektren untersucht worden, und fast alle gleichen dem Sonnenspektrum darin, daß sie dunkle Linien auf dem hellen Grunde des

kontinuierlichen Farbenbandes zeigen (Abb. 10). Nur die Zahl und Anordnung der Linien wechselt von Fall zu Fall. Die Elemente aber,

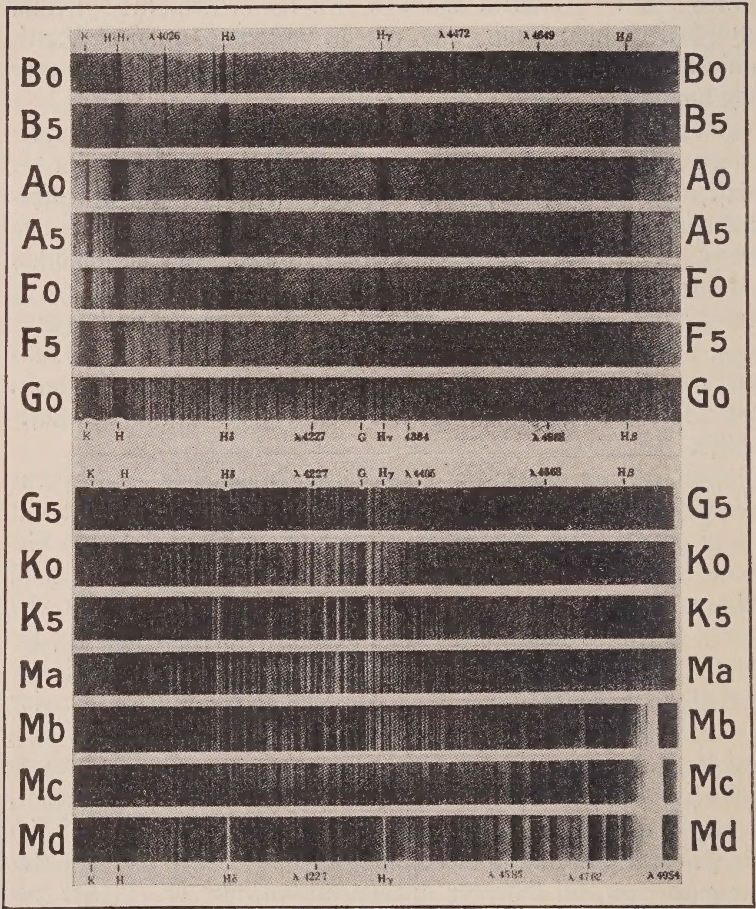


Abb. 10. Sternspektra nach photographischen Aufnahmen der Detroit Stw.
(Zur Erklärung vgl. das 6. Kapitel)

denen diese Linien entsprechen, sind die uns bekannten. Dasselbe Eisen, das in unseren Hochöfen schmilzt, dasselbe Kupfer, das uns als Scheidemünze durch die Finger gleitet, derselbe Sauerstoff, der

im Verein mit dem Stickstoff unsere Lebensluft bildet, sie alle finden wir als glühende Gase und Dämpfe in der Sonne wie in den fernsten Sternen des Alls. —

Auch in ihrem Aufbau erweisen so die Fixsterne jene Wesenseinheit mit der Sonne, die wir nach der Erforschung ihrer Größe und Leuchtkraft schon vermuten durften, und mit vollem Recht können wir jetzt die Sterne als Sonnen, unsere Sonne aber als den nächsten Stern betrachten.

6. Vom Lebenslauf der Sterne

In jeder klaren Nacht sendet uns das Heer der Sterne seine funkelnde Lichtbotschaft, die uns aus den Fernen des Weltalls Kunde bringt. Jahrtausende lang hat die Menschheit diese Botschaft nicht beachtet oder nicht verstanden. Sie ahnte ja nichts von den gewaltigen Naturvorgängen, deren Schauplatz jene unscheinbaren Lichtpunkte sind, die wir Sterne nennen. Erst in unseren Tagen ist es der Wissenschaft mit ihren aufs höchste verfeinerten Methoden und Hilfsmitteln gelungen, die Geheimschrift des Lichtes Zeile für Zeile zu enträtseln, und wenn auch noch manches unklar bleibt, so heben sich doch bereits aus dem Dämmerlichte die Umrisse eines gewaltigen Bildes, das vom Werden und Vergehen der Himmelskörper erzählt.

Bisher haben wir uns nur darüber unterhalten, wie die Sterne gegenwärtig sind; nun gilt es zu erforschen, wie sie einmal waren und wie sie später sein werden, also ein Bild ihres Lebenslaufes zu gewinnen. Hier scheint sich aber gleich eine unüberwindliche Schwierigkeit zu bieten. Wie sollen wir imstande sein, über die Entwicklungsgeschichte der Sterne irgendetwas auszusagen, da doch die wenigen Jahrzehnte wissenschaftlicher Beobachtung und selbst die Jahrtausende seit Bestehen des Menschengeschlechtes nur ein flüchtiger Augenblick sind im Vergleich zum Leben eines Sternes? Doch da kommt uns die Natur selbst zu Hilfe. Die Himmelskörper haben nämlich ihren Lebenslauf keineswegs alle im selben Augenblick begonnen; manche befinden sich noch in den ersten Stadien der Entwicklung, während andere bereits dem Ende nahe sind. Und selbst Sterne gleichen Alters können unter Umständen sehr verschiedene Zeiträume brauchen, um ein bestimmtes Stadium zu erreichen. Wir finden deshalb am Himmel alle möglichen Entwicklungsstufen vertreten, und aus dem räumlichen Nebeneinander können wir das zeitliche Nacheinander, wie es sich beim einzelnen Stern abspielt, zusammenfügen.

Ein Stern strahlt ohne Unterlaß solche Mengen von Licht und Wärme in den Weltraum aus, daß er in verhältnismäßig kurzer Zeit seinen gesamten Wärmevorrat verlieren und als erstarrter dunkler Körper unseren Blicken entschwinden müßte. Damit stimmen aber unsere sonstigen Schlüsse nicht überein, nach denen die Lebensdauer der Sonne und somit auch die der Sterne auf viele Tausende von Millionen Jahren anzusetzen ist. Der Stern muß also eine Kraftquelle in sich tragen, aus der, wenigstens bis zu einem gewissen Zeitpunkte, die ausgestrahlte Wärme immer wieder ersetzt wird.

Eine solche Wärmequelle scheint in folgendem zu bestehen. Die äußersten Schichten des Sternes sind beständig der eisigen Kälte des Weltraumes ausgesetzt und kühlen sich deshalb immer wieder ab. Die Abkühlung eines Körpers aber hat, wie wir wissen, seine Zusammenziehung zur Folge. Eben diese, zwar langsame aber fortwährende Zusammenziehung des Sternes erzeugt nach den Lehren der Physik neue Wärme in seinem Inneren. Wenn nun auch ein großer Teil dieses Wärmegewinnes durch Ausstrahlung in den kalten Weltraum wieder verloren geht, so bleibt doch noch soviel übrig, daß der Stern zunächst immer heißer wird. Mit der Zeit aber erfolgt die Zusammenziehung immer langsamer, weil sich die Stoffe nur bis zu einem gewissen Grade zusammendrücken lassen. Es wird also im Leben des Sterns der Zeitpunkt kommen, wo Wärmegewinn und Wärmeverlust sich die Wage halten, und von da an geht es bergab. Der Stern beginnt seine Wärme zu verlieren, ohne genügenden Ersatz zu finden; er wird kälter und kälter, geht aus dem gasförmigen in den glühendflüssigen Zustand über, dann in den festen, um schließlich ganz zu erlöschen.

Dies alles sind zunächst Lehren der Physik, gewonnen durch Experimente und mathematische Studien. Nunmehr werden wir zusehen müssen, ob sie auch am Himmel ihre Bestätigung finden.

Da haben wir nun für's erste die wichtige Beobachtung, daß es verschieden gefärbte, nämlich weiße, gelbe und rote Sterne gibt. Erinnern wir uns, daß ein Körper, etwa ein Stück Eisen, bei allmählicher Erhitzung nacheinander die Stadien der Rot-, Gelb- und Weißglut erreicht und bei der Abkühlung diese Reihenfolge in umgekehrter Richtung durchläuft, so liegt der Schluß nahe, daß wir in den weißen, gelben und roten Sternen Himmelskörper von hoher, mittlerer und geringer Temperatur vor uns haben. Diese Vermutung

wird durch ein genaueres Studium der Sternspektren bestätigt. Die Sterne zerfallen danach in sechs Klassen, von denen die beiden ersten — B und A — die weißen, die drei folgenden — F, G und K — die gelben und orangefarbenen, und die letzte, mit M bezeichnete, die roten Sterne enthalten (vgl. Abb. 10). Es zeigt sich nun, daß bei den Sternen der Klassen B und A die hellste Stelle des Spektrums tief im Violett liegt, sich dann aber von Klasse zu Klasse immer mehr noch dem Rot verschiebt. Nach den Lehren der Physik bleibt für diese Tatsache kaum eine andere Erklärung übrig, als daß die Spektralreihe B, A, F, G, K, M eine Skala fallender Temperaturen darstellt.

Hierfür spricht aber nicht nur das Verhalten des hellen, farbigen Spektrums, sondern auch ein genaueres Studium der dunklen Linien. Physikalische Forschungen aus neuester Zeit haben nämlich erwiesen, daß gewisse Linien eines Elementes erst dann im Spektrum erscheinen, wenn der Stoff eine bestimmte Temperatur erreicht hat, bei weiterer Erhitzung dagegen wieder verschwinden. Die in Abb. 10 gezeigten Spektren lassen dies sehr schön erkennen. Da ist z. B. die mit 4227 bezeichnete Linie des Kalziums. Die Physiker sagen uns, daß diese Linie bei einer Temperatur des Kalziumdampfes von etwa 2000 Grad sichtbar wird, sich bei weiterer Temperaturerhöhung zunächst verstärkt, dann wieder schwächer wird und von 6000 Grad an verschwindet. In der Tat finden wir nun diese Linie in den Sternspektren der Gruppen M und K am stärksten, in G ist sie schon schwächer und in F fast verschwunden. Die Sterne der Gruppe F müssen also eine Temperatur von mindestens 6000 Grad besitzen, während die der Gruppen G, K und M sicher kühler sind. Von Gruppe F an treten nun die in der Figur mit $H\beta$, $H\gamma$, $H\delta$, $H\varepsilon$ bezeichneten Linien des Wasserstoffgases immer mehr in den Vordergrund, zeigen sich am stärksten in Klasse A, um dann nach B hin wieder schwächer zu werden. Dafür gewinnen aber von A an die Heliumlinien (4472 und 4026 der Figur) an Deutlichkeit. Auch dies weiß der Physiker zu erklären. Die Wasserstofflinien werden zunächst immer kräftiger, wenn die Temperatur bis gegen 10 000 Grad steigt; wird der Stern noch heißer, so nehmen sie wieder ab, während die Heliumlinien erst von 10 000 Grad an deutlich sichtbar sind.

So haben wir jetzt nicht nur die Gewißheit, daß die Temperaturen von den roten zu den weißen Sternen, von Klasse M zu B, wachsen,

sondern auch genaue Angaben, wie heiß denn die Sterne der einzelnen Klassen sind; an ihrer Oberfläche natürlich, denn im Inneren einer solch ungeheuren glühenden Gaskugel herrschen weit höhere Hitzegrade.

Nach all dem müssen wir somit erwarten, daß die verhältnismäßig kühlen roten Sterne der Klassen M und K auch die geringste Leuchtkraft besitzen. Als man aber die wahren Helligkeiten der Sterne daraufhin untersuchte, zeigte sich das überraschende Ergebnis, daß es zwei Arten gelber und roter Sterne gibt, die einen, wie erwartet, sehr lichtschwach, die andern dagegen von weit größerer Leuchtkraft als manche unter den heißen weißen Sternen. Damit war man aber den Gesetzen, die den Entwicklungsgang eines Sternes beherrschen, auf die Spur gekommen, und als es bald darauf gelang, durch sorgfältiges Studium der Strahlungs- und Druckverhältnisse im Inneren einer heißen Gaskugel über den Bau der Himmelskörper genauere Aufschlüsse zu erhalten, war das Bild in großen Zügen umrissen.

Die Zusammenballung einer zunächst dunklen kosmischen Staubwolke unter allmählicher Temperaturerhöhung ruft die Gaskugel, den Stern, ins Dasein. Die Stoffe sind anfangs noch äußerst dünn verteilt, etwa 10 000 mal lockerer als Wasser. Dementsprechend sind Rauminhalt und Oberfläche des neuen Sternes ungeheuer groß. Die Temperatur hält sich indeß noch in niedrigen Grenzen, sie wird 2500 bis 3000 Grad nicht übersteigen. Die Oberflächenhelligkeit pro Quadratkilometer ist also gering, die Gesamthelligkeit des Sternes dennoch sehr groß, weil die Oberfläche eben außerordentlich viele Quadratkilometer umfaßt. Gemäß seiner niedrigen Temperatur leuchtet uns dieser Stern in rötlichem Lichte, gehört also zur Spektralklasse M. Himmelskörper in diesem und den nächstfolgenden Entwicklungsstufen bezeichnet man wegen ihrer Größe treffend als Riesensterne oder Giganten. Infolge der nimmer ruhenden Zusammenziehung wird nun der Umfang des Sternes allmählich geringer, seine Dichte größer, und die Temperatur steigt. Die Gesamthelligkeit des Sternes bleibt aber trotzdem dieselbe; denn die Helligkeit pro Quadratkilometer der Oberfläche ist zwar wegen der erhöhten Temperatur größer geworden, dafür hat sich aber die Oberfläche verkleinert. So erreicht der Stern allmählich das Stadium der Gelb- und Weißfärbung, wobei er immer heißer, dichter und kleiner wird, während seine Helligkeit nahezu unverändert bleibt. Nun aber kommt der Wendepunkt. Die Hitze

ist auf 15—20 000 Grad gestiegen und die Zusammenziehung erfolgt jetzt so langsam, daß sie keinen genügenden Wärmeersatz mehr liefert. Die nun beginnende Abkühlung schreitet rasch voran. In umgekehrter

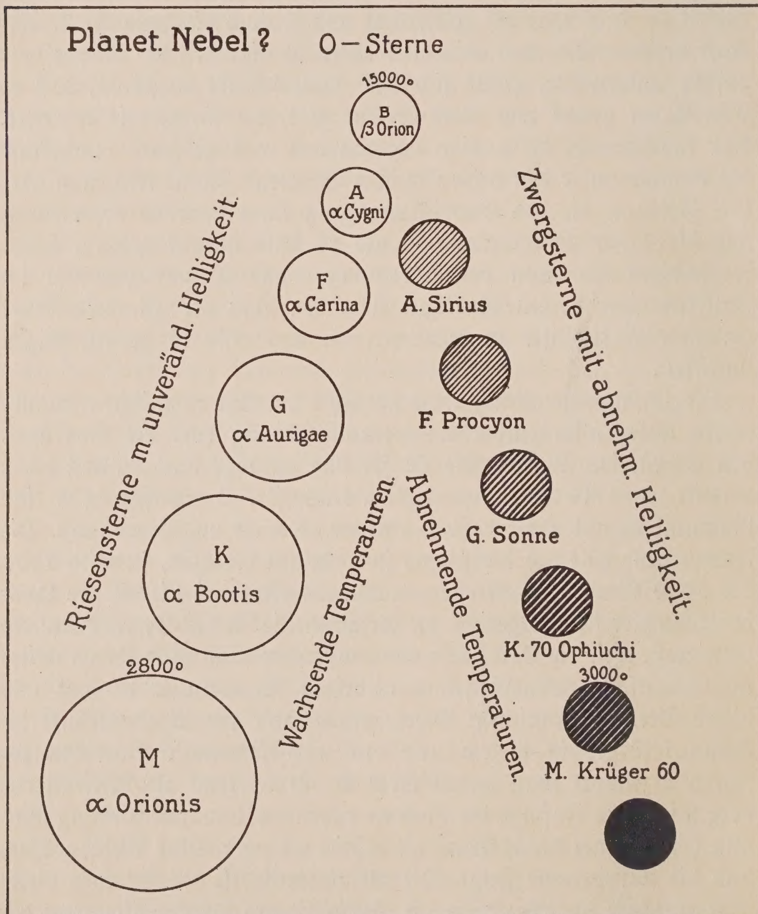


Abb. 11. Die Lebensbahn der Sterne (vgl. auch Kapitel 14)

Richtung wie vorher durchläuft nun der Stern die Reihe der Farben und Temperaturen, nicht mehr als Gigant, sondern als „Zwerg", bis er wieder beim M Spektrum anlangt, jetzt aber eine alternde, schwach

und dunkelrot scheinende Sonne, die dem Verlöschen nahe ist (vgl. Abb. 11). Auch unsere Sonne ist ein solcher Zwerg, der zwar noch ein langes Alter vor sich, aber den Höhepunkt des Lebens schon längst überschritten hat.

Allerdings dürfte die Zusammenziehung kaum hinreichen, den Wärmebedarf für die erforderlichen langen Zeiträume zu decken, es muß vielmehr im Inneren der Sterne noch sehr bedeutende, ihrer Herkunft nach einstweilen unbekannte Kraftquellen geben, die an dem geschilderten Entwicklungsprozeß wesentlich mitbeteiligt sind.

Nicht alle Sterne erklimmen den Gipfelpunkt der Entwicklungslinie. Himmelskörper, die bei ihrer Bildung eine zu geringe Stoffmasse mitbekommen haben, tragen nicht die nötigen Kraftvorräte zur Erreichung der höchsten Temperaturen in sich; sie sterben schon als gelbe oder rote Sterne, kaum geboren, wieder ab; manche werden vielleicht überhaupt nicht so heiß, daß wir sie sehen können. Wieviele solcher totgeborener Sterne, die niemals zur Sonnenkraft gelangten, mögen den öden Raum durchirren, wieviele andere, die nach langem strahlenden Sonnendasein kalt und dunkel geworden? — Andrerseits darf aber auch die Masse eines Sternes nicht zu groß sein, weil sonst die Schwerkraft nicht mehr imstande ist, die einzelnen Teile zusammenzuhalten, so daß der Stern auseinanderfällt. Gibt es auch dafür Beispiele? Im weiteren Verlauf unserer Unterhaltungen werden wir es erfahren.

*

7. Alles fließt

Nichts in der Welt ruht, alles ist in Bewegung, „alles fließt"; schon ein Weiser des Altertums erhob diesen Satz zum Kernpunkt seines Weltbildes.

Machen die Sterne eine Ausnahme? Leuchten uns nicht am nächtlichen Himmel dieselben Bilder, die den Römern, den Griechen, den Babyloniern vertraut waren? Der Große Bär, der Orion, die Cassiopeia und all die andern, sind sie nicht ewig unveränderlich, heute wie vor 6000 Jahren, als die Priesterastronomen am Euphrat und Tigris wie am Nil zu ihnen aufschauten? Nennen wir sie nicht mit Recht Fixsterne, festgeheftete Sterne?

Aber dem ist nicht so. Auch die Sterne sind in Bewegung; unermüdlich eilen sie dahin, Sekunde um Sekunde bleibt ein neues Stück Weges hinter ihnen, und niemals kehrt ein Stern wieder dahin zurück, wo er sich einmal befunden hat. —

Wir haben im ersten Kapitel gesehen, wie man durch die Bestimmung der Länge und Breite, oder astronomisch gesprochen, der Rektaszension und Deklination den Ort eines Sternes am Himmel genau festlegen kann. Für Tausende von Sternen ist dies bereits geschehen, und ihre Orte sind in den großen Sternverzeichnissen zusammengestellt. Das erste Verzeichnis dieser Art, das an Genauigkeit den heutigen Ansprüchen näherkommt, ist das des englischen Astronomen James Bradley († 1762). Vergleicht man nun die Sternorte, wie sie in dem Bradleyschen Verzeichnis angegeben sind, mit den heute gemessenen, so zeigt sich, daß sie sich inzwischen fast alle verändert haben, zwar nur um geringe Beträge, aber doch merklich. Dasselbe läßt sich übrigens schon durch eine Vergleichung von Sternverzeichnissen feststellen, die zeitlich nur um wenige Jahrzehnte auseinanderliegen, nur sind dann die Beträge der Veränderungen ent-

sprechend kleiner. An einer Ortsveränderung der Fixsterne können wir somit nicht mehr zweifeln, nur scheint sie so langsam zu erfolgen, daß es der feinsten Messungen bedarf, um sie festzustellen. Einer der am schnellsten bewegten Sterne ist z. B. Sirius, und doch hat sich in den 2000 Jahren seit Christi Geburt seine Stellung am Himmel nur um eine Strecke von der 1½fachen Breite des Vollmondes verändert. Es bedürfte schon außerordentlich langer Zeiträume, ehe die Bewegungen der Sterne sich so stark geltend machen, daß die altgewohnten Figuren der Sternbilder dadurch umgeformt würden. Abb. 12 bringt dies für das Sternbild des Großen Bären zur Darstellung.

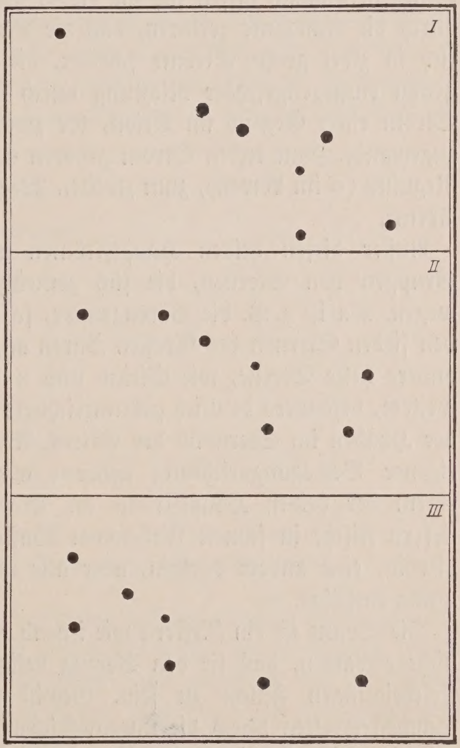


Abb. 12. Das Sternbild des Großen Bären im Wandel der Zeiten
I vor 50000 Jahren, II gegenwärtig, III nach 50000 Jahren

Sind denn die Bewegungen der Gestirne wirklich so langsam und unscheinbar, wie es hiernach scheinen könnte? Nein, nur die ungeheuren Entfernungen lassen sie zu so winzigen Beträgen zusammenschrumpfen. Die Strecke z. B., um die Sirius jährlich seinen Ort am Himmel verändert, beläuft sich in Wahrheit auf rund 500 Millionen Kilometer, und ähnliches gilt für die meisten anderen Sterne. —

Wo immer es in der Natur Bewegung gibt, da sind auch Gesetze, welche die Bewegung regeln. Nachdem für uns der alte Glaube an die Unwandelbarkeit des Sternhimmels erschüttert ist, erhebt sich sogleich die neue Frage: nach welchen Gesetzen bewegen sich die Sterne, wohin

eilen sie, wo kommen sie her? Die letzten 20 Jahre Himmelsforschung, die auf allen Gebieten so ungemein fruchtbar waren, haben auch darüber Licht verbreitet.

Wenn wir uns hier auch nicht ausführlich über diese schwierigen Fragen unterhalten können, so mag doch einiges davon zur Sprache kommen. Danach lassen sich die bisher gemessenen Sternbewegungen durch die Annahme erklären, daß die Mehrzahl der helleren Sterne sich in zwei große Ströme scheidet, die einander durchdringend in genau entgegengesetzter Richtung durch den Raum eilen; der erste Strom einer Gegend im Orion, der zweite dem Sternbild Scutum zugewandt. Zum ersten Strom gehören u. a. Atair (α im Adler) und Regulus (α im Löwen), zum zweiten Wega (α in der Leyer), Sirius, Arktur.

Außer diesen beiden Hauptströmen gibt es aber noch kleinere Gruppen von Sternen, die sich gemeinsam durch den Raum bewegen. Da ist z. B. die Bärengruppe, so genannt, weil ihr fünf von den sieben Sternen des Großen Bären angehören, außerdem mehrere andere helle Sterne, wie Sirius und α der nördlichen Krone. Eine weitere, besonders deutlich gekennzeichnete Gruppe umfaßt die Sterne der Hyaden im Sternbild des Stiers. Alle diese Sondergruppen mit eigener Bewegungsrichtung gehören aber nichtsdestoweniger auch einem der beiden Hauptströme an. Einen guten Vergleich hierfür liefern Fische in schnell fließendem Wasser; eine Gruppe schwimmt hierhin, eine andere dorthin, aber alle werden von derselben Strömung entführt. —

Die Sonne ist ein Fixstern wie irgend ein anderer, und wir dürfen nicht erwarten, daß sie den Vorzug besitzt, der ruhende Pol in der Erscheinungen Flucht zu sein. Gewiß eilt auch sie gleich ihren Schwesterwelten durch die unermeßlichen Weiten des Raumes, und mit sich reißt sie die Erde, die anderen Planeten, die Kometen und alles, was sonst zu ihrem Machtbereich gehört, von einer unbekannten Kraft getrieben, einem unbekannten Ziel entgegen. — Wie es den Astronomen gelungen ist, auch dieses Problem zu lösen, die Bahn des Sonnensystems zu erforschen, wird uns wieder ein Vergleich verständlich machen. Wenn wir durch eine Baumallee fahren, scheinen die Bäume neben uns in entgegengesetzter Richtung vorbeizueilen, vor uns rücken sie auseinander, hinter uns zusammen. Etwas ganz ähnliches bemerken wir am Sternhimmel. In einer gewissen Gegend

scheinen die Sterne ein wenig zusammenzurücken, an der entgegengesetzten Seite fliehen sie auseinander, und zwischen diesen beiden Punkten eilen sie scheinbar alle in einer bestimmten Richtung an uns vorüber. Natürlich handelt es sich hier immer um ganz geringe, nur durch die feinsten Messungen nachweisbare Beträge, von denen außerdem noch die wirklichen, eigenen Bewegungen der Sterne abzuziehen sind. Aber unserem Beispiel gemäß dürfen wir mit Recht annehmen, daß dieses Vorübereilen, dieses Zusammenrücken und Auseinanderfliehen keine von den Sternen wirklich ausgeführte Bewegungen sind, ebensowenig wie dies bei den Bäumen in unserem Vergleich der

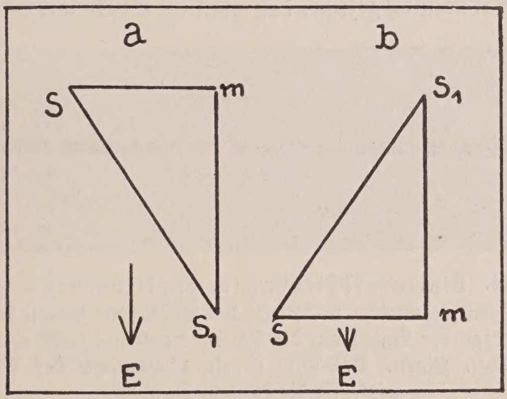


Abb. 13. Gesamtbewegung eines Sternes

Fall war, sondern nur Spiegelbilder unserer eigenen Bewegung mit dem Sonnensystem, das auf den Punkt zueilt, wo die Sterne scheinbar auseinanderrücken. Dieser Punkt liegt ungefähr auf der Grenze der Sternbilder Leyer und Herkules, nicht weit von der strahlenden Wega. Die Sonne legt in jeder Sekunde fast 20 km zurück, aber wenn sie einmal dort angekommen ist, wo sich Wega heute befindet, wird dieser Stern längst sozusagen „über alle Berge sein".

Bevor wir unsere Unterhaltung über die Sternbewegungen abschließen, müssen wir sie noch um einen wichtigen Punkt vervollständigen. In Figur 13 (a) möge E die Stellung des irdischen Beobachters andeuten, S sei ein Stern, der sich im Laufe eines Jahres nach S_1 bewegt. Von E ausgesehen, verschiebt er sich dabei in seitlicher Richtung um die Strecke Sm, gleichzeitig aber ist er uns um das

Stück S_1m näher gekommen. Bis jetzt haben wir immer nur die seitlichen Bewegungen betrachtet, weil sie sich verhältnismäßig leicht feststellen ließen, indem wir die heute gemessenen Orte der Sterne mit den vor 5, 10 oder mehr Jahren bestimmten verglichen. Damit gewinnen wir aber nur eine unvollkommene Vorstellung von den wahren Sternbewegungen; denn, wie Abb. 13 erkennen läßt, bleibt dann immer noch die Frage offen, ob der Stern sich schräg auf uns zu (a), oder schräg von uns weg (b) bewegt. Aber wie sollen wir einem Stern ansehen, ob er sich uns nähert oder von uns abrückt? Tatsächlich gibt es eine Möglichkeit dies zu erkennen. Der Physiker Doppler hat nämlich gezeigt, daß man im Spektrum eines leuchten-

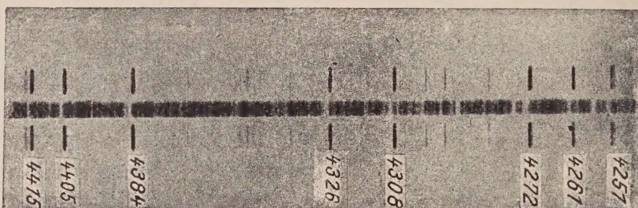


Abb. 14. Linienverschiebung im Spektrum von α Tauri. Die schwarzen Striche beiderseits des Spektrums deuten die normale Lage der Linien an, die sich im Spektrum selbst nach links verschoben zeigen. Das Bild ist ein photographisches Negativ, zeigt also die dunklen Teile hell

den Körpers die uns schon bekannten Linien ein wenig nach der Seite des Violett verschoben findet, wenn sich der Körper uns nähert, nach dem Rot, wenn er sich von uns entfernt, und zwar kann man aus der Größe der Linienverschiebungen genau berechnen, mit welcher Geschwindigkeit der Körper sich bewegt (vgl. Abb. 14). Solche Linienverschiebungen zeigen sich nun auch in den Spektren der Fixsterne, und sie haben es den Himmelsforschern ermöglicht, bis jetzt schon für mehr als 2000 Sterne Richtung und Geschwindigkeit der Bewegung zu bestimmen. Um nur einige Beispiele anzuführen:

nähern sich uns				entfernen sich von uns			
Sirius	um	7.4	km in der Sek.	Aldebaran	um	54.5	km in der Sek.
Prokyon	„	4.3	„ „ „ „	Capella	„	30.	„ „ „ „
Arkturus	„	5.0	„ „ „ „	Rigel	„	22.6	„ „ „ „
Antares	„	3.1	„ „ „ „	Beteigeuze	„	21.3	„ „ „ „
Wega	„	13.8	„ „ „ „	Spica	„	2.6	„ „ „ „

Natürlich laufen diese Sterne nicht gerade auf uns zu, sondern wie in Abb. 13 angedeutet, haben sie außerdem noch eine seitliche Bewegung, diese und die in der Tabelle angegebene setzen gemeinsam erst die wahre Bewegung des Sternes zusammen.

Für einzelne Sterne hat man überaus hohe Geschwindigkeiten gefunden; da gibt es Sonnen, wie z. B. ein schwaches Sternchen 9. Größe im Stier, das in jeder Sekunde 328 Kilometer zurücklegt. Wann und wo mag es den Anstoß dazu erhalten haben?

*

8. Das Rätsel der veränderlichen Sterne

An einem Augustabend des Jahres 1596 bemerkte der friesische Pfarrer und Astronom David Fabrizius, ein Schüler des großen Tycho Brahe, im Sternbild des Walfisches einen hellen Stern 3. Größe, den er dort früher nicht gesehen hatte. Zwei Monate später war der Stern wieder verschwunden. Diese merkwürdige Wahrnehmung geriet zunächst in Vergessenheit; erst mehrere Jahrzehnte später wurden die Astronomen von neuem darauf aufmerksam und fanden nun, daß es sich hier um einen Stern handle, dessen Helligkeit innerhalb eines Kreislaufes von rund 330 Tagen um 5—7 Größenklassen schwankt. Damit war der erste „veränderliche Stern" entdeckt und ein Forschungsgebiet begründet, das heute zu einem der fruchtbarsten und umfangreichsten der Himmelskunde geworden ist. Gegenwärtig kennen wir schon an 5000 Sterne, die nach mannigfaltigen Gesetzen ihre Helligkeit wechseln.

Schauen wir jetzt zunächst einmal zu, wie diese Sterne beobachtet werden.

Es ist eine klare, mondfreie Nacht. Drüben, in dem kleinen runden Gebäude steht das Fernrohr bereit; aus dem geöffneten Spalt des Kuppeldaches dringt schwacher Lichtschein in die Finsternis. Der Beobachter hat soeben das Photometer — so heißen die Instrumente, mit denen man Sternhelligkeiten mißt — am Fernrohr befestigt; der veränderliche Stern wird eingestellt, und die Arbeit kann beginnen. Nichts unterbricht mehr die Stille als das leise Surren des Uhrwerks, welches das Fernrohr stets auf den Stern zu halten hat. Ein kurzer Blick in das Gesichtsfeld des Instrumentes wird uns noch gestattet. Da sehen wir in der Mitte unseren Stern und beiderseits zwei andere Lichtpunkte, sog. künstliche Sterne, die von elektrischen Glühlämpchen erzeugt werden. Der Beobachter dreht nun an einer Schraube und kann dadurch die Helligkeit der beiden künstlichen

Sterne soweit verändern, bis sie dem wirklichen Stern gleich erscheinen. Der Betrag der Änderung wird an einer Skala abgelesen und mit genauer Zeitangabe notiert. Hierauf wird ein anderer — nicht veränderlicher — Stern vorgenommen; er soll zum Vergleich dienen und wird in derselben Weise gemessen, wie vorher der Veränderliche. Ergibt sich nun z. B., daß man die künstlichen Sterne um 2 Größenklassen schwächen mußte, um sie dem Vergleichstern, aber nur um eine, um sie dem Veränderlichen gleich zu machen, so ist der Veränderliche an diesem Abend offenbar um eine Größenklasse heller gewesen, als der Vergleichstern. Am nächsten Abend findet man ihn

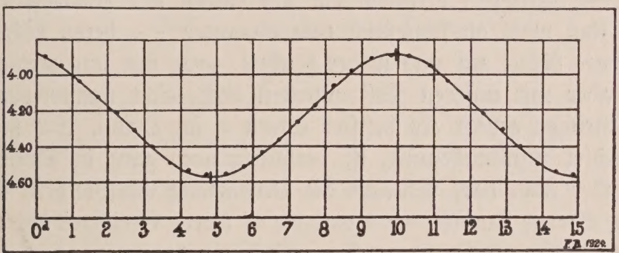


Abb. 15. Lichtkurve eines veränderlichen Sternes

vielleicht um 2 Größenklassen heller, an einem andern dagegen schwächer als den Vergleichstern u. s. f.

Hat man eine genügende Zahl solcher Messungen gesammelt, so gilt es, aus ihnen das Gesetz abzulesen, nach dem der Veränderliche sein Licht wechselt. Hierbei leistet uns eine bildliche Darstellung der Beobachtungen gute Dienste. Wir zeichnen auf einen Bogen Millimeterpapier zwei zueinander senkrechte Maßstäbe, den wagerechten für die Beobachtungszeiten, den lotrechten für die Helligkeit, etwa so, daß 10 Millimeter auf der wagerechten Linie 24 Stunden, auf der lotrechten eine Größenklasse bedeuten. In diesem Achsenkreuz bezeichnen wir nun die an den einzelnen Abenden gemessenen Helligkeiten des Veränderlichen durch je einen Punkt und verbinden schließlich alle diese Punkte durch eine Linie, die sog. Lichtkurve. Fig. 15 stellt eine solche Lichtkurve dar, es ist die des Sternes Zeta in den Zwillingen. Aus ihr können wir ohne weiteres den Verlauf der Helligkeitsschwankungen ablesen. Am ersten Tage (mit 0 bezeichnet) war der Veränderliche heller als 4. Größe. Dann nimmt die Lichtstärke gleichmäßig ab, bis sie nach etwa 5 Tagen ihren tiefsten Punkt erreicht hat. Hierauf

wird der Stern ebenso gleichmäßig wieder heller, und nach weiteren 5 Tagen ist er wieder genau so hell wie anfangs, worauf der Kreislauf von neuem beginnt.

Mit der bloßen Beschreibung des Lichtwechsels ist es jedoch nicht getan; die Lichtkurve ist gleichsam eine Geheimschrift, ebenso wie das Spektrum, und sie zu entziffern, zu erforschen, was für Ursachen jenen merkwürdigen Helligkeitsschwankungen zugrundeliegen, darin besteht eigentlich die Aufgabe, die uns hier gestellt ist. Schauen wir uns die Lichtkurven daraufhin an, so finden wir zunächst eine große Mannigfaltigkeit, aus der sich aber bei näherem Studium deutlich drei große Gruppen herausheben. Da finden wir zunächst Sterne — es sind wohl ausschließlich rote Giganten —, deren Licht ohne erkennbare Regel auf und nieder flackert, zwar nur um geringe Beträge, aber mit unseren Instrumenten doch leicht nachweisbar. Zu dieser Gruppe gehört als hellster Stern α im Orion. Wie hier der Lichtwechsel zustandekommt, ist vorläufig noch ganz in Dunkel gehüllt, aber man darf vielleicht die Vermutung aussprechen, daß es sich um Sterne handelt, die irgendwie in ihrem Gleichgewicht gestört und von der normalen Entwicklungslinie abgedrängt wurden.

Ein anderes Bild tritt uns in jenen Veränderlichen entgegen, als deren Hauptvertreter die von Fabricius entdeckte Mira (der Wunderstern) im Walfisch zu gelten hat. Diese Sterne ändern ihre Helligkeit periodisch, d. h. sie erreichen nach Ablauf einer bestimmten Zeit — in der Regel sind es 10—14 Monate — immer wieder dieselbe Helligkeit. Die Lichtkurve zeigt im allgemeinen ein ziemlich gleichmäßiges Zu- und Abnehmen der Helligkeit, und zwar um recht erhebliche Beträge, mitunter so, daß ein Stern, der im größten Licht mit freiem Auge gesehen werden kann, im kleinsten Licht nur für große Fernrohre erreichbar ist. Den Lichtwechsel begleiten merkwürdige Veränderungen im Spektrum der Sterne, die darauf hindeuten, daß die Helligkeitsschwankungen jedenfalls durch physikalische Vorgänge im Inneren und an der Oberfläche des Sternes verursacht werden. So hat man die Vorstellung entwickelt, daß sich jeweils nach Ablauf einer bestimmten Zeit die äußerste Gashülle des Sternes soweit abgekühlt habe, daß sie sich als weniger leuchtende Schicht verdichteter Dämpfe um ihn legt und dadurch seine Helligkeit vermindert. Unterhalb dieser Schicht sammelt sich nun die Wärmestrahlung aus dem Inneren des Sternes an, die Temperatur

steigt und wird schließlich so hoch, daß die kühlere Schicht, wieder erhitzt, sich verflüchtigt und die helle Oberfläche des Sternes freigibt, worauf eine erneute Abkühlung und Helligkeitsverminderung eintritt u. s. f. Tatsächlich ergeben die Messungen an diesen Veränderlichen während des kleinsten Lichtes eine niedrigere Temperatur

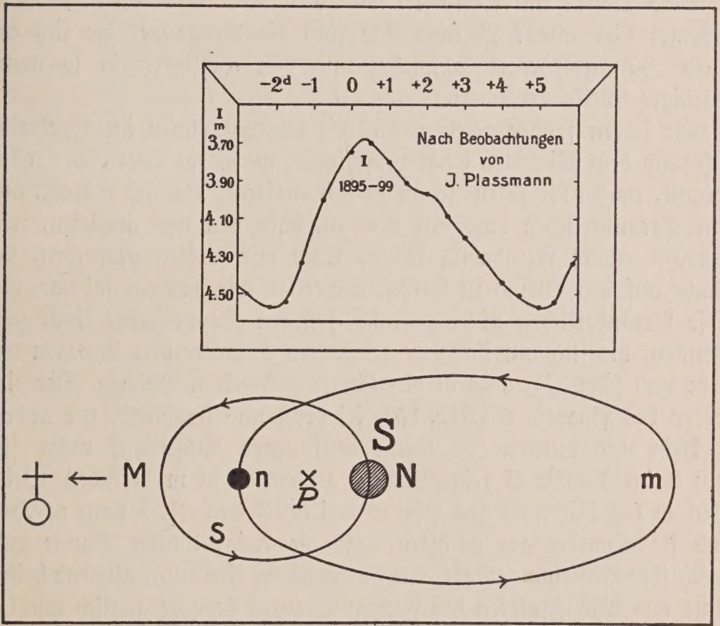


Abb. 16. Zur Erklärung des δ Cephei-Lichtwechsels
Im unteren Teil der Figur deuten die Pfeile die Bewegungsrichtung der Sterne an

als zu anderen Zeiten; der Unterschied beträgt mehrere hundert Grad. Indessen bedarf es noch vieler und sorgfältiger Beobachtungen, ehe es gelingt, volle Klarheit über die Veränderlichen der Miraklasse zu gewinnen.

Die dritte Gruppe endlich umfaßt diejenigen Sterne, deren Helligkeit sich zwar auch periodisch ändert, aber nur um geringe Beträge und sehr schnell, innerhalb weniger Stunden bis Tage. Der Verlauf des Lichtwechsels ist sehr merkwürdig (Abb. 16). Verfolgen wir einen dieser Sterne, so finden wir, daß seine Helligkeit außerordentlich

rasch, vielleicht in einer einzigen Stunde, um nahezu eine Größenklasse wächst, dann aber viel langsamer wieder um ebensoviel abnimmt, worauf das Spiel von neuem beginnt. Gleichzeitig schieben sich die dunklen Linien im Spektrum hin und her; während des größten Lichtes sind sie am weitesten nach Violett, um die Zeit des kleinsten Lichtes um ebensoviel nach dem Rot abgewichen. — Was bedeutet dies alles? Welcher Art sind die Vorgänge, die sich auf jenen Himmelskörpern abspielen und ihre Helligkeit in so merkwürdiger Weise verändern?

Wir haben früher gesehen, daß die dunklen Linien im Spektrum sich nach dem Violetten Ende verschieben, wenn ein Stern uns näher kommt, nach dem roten, wenn er sich entfernt. Danach würden also jene Veränderlichen bald auf uns zu, bald von uns abrücken, was zunächst etwas fremdartig klingt. Aber wir wollen versuchen, der Sache auf den Grund zu kommen. Stellen wir uns einmal vor, daß diese Veränderlichen nicht einfache, sondern Doppelsterne sind, zwei Sonnen, die sich um ihren gemeinsamen Schwerpunkt bewegen wie Erde und Mond[1]), aber in viel länger gestreckten Bahnen. Der eine Stern des Paares, S (Abb. 16), sei groß und strahlend, der andere s, klein und dunkel. In einem bestimmten Augenblick möge sich nun S im Punkte M seiner Bahn, s dagegen in m befinden. Beide eilen in der Richtung des Pfeiles weiter, S nach N, s nach n. Hier sind sie einander am nächsten, und die kleine dunkle Sonne ruft durch ihre Anziehungskraft einen gewaltigen Ausbruch glühend heißer Gase aus dem Inneren des großen Sternes hervor; ähnlich wie der Mond die Wassermassen der irdischen Ozeane zur Flutwelle emporhebt. Der große, an sich schon helle Stern wird dadurch plötzlich noch heller, und seine Lichtstärke wächst noch immer, während die beiden Sterne sich schon wieder voneinander entfernen, der eine in der Richtung auf M, der andere auf m. Allmählich läßt aber die Wirkung des Lichtausbruches nach, und einige Stunden oder Tage später, wenn die beiden Sterne wieder auf dem Wege von M nach N, bzw. von m nach n sind, ist die Helligkeit des großen wieder auf ihren ursprünglichen Wert herabgesunken, bis ein neuer Ausbruch sie wiederum emporschnellen läßt.

Auf diese Weise erklärt sich in der Tat alles, was wir beob-

[1]) Siehe das 3. Kapitel der „Fahrt durch die Sonnenwelt".

achten; nicht nur die Form der Lichtkurve, sondern auch die merkwürdigen Linienverschiebungen im Spektrum. Denn wenn wir uns die Erde in der Richtung ♁ denken, eilt der helle Stern in der Tat auf uns zu, wenn er infolge des erlittenen Lichtausbruches am hellsten ist (zwischen N und M), dagegen rückt er von uns ab, wenn die Wir-

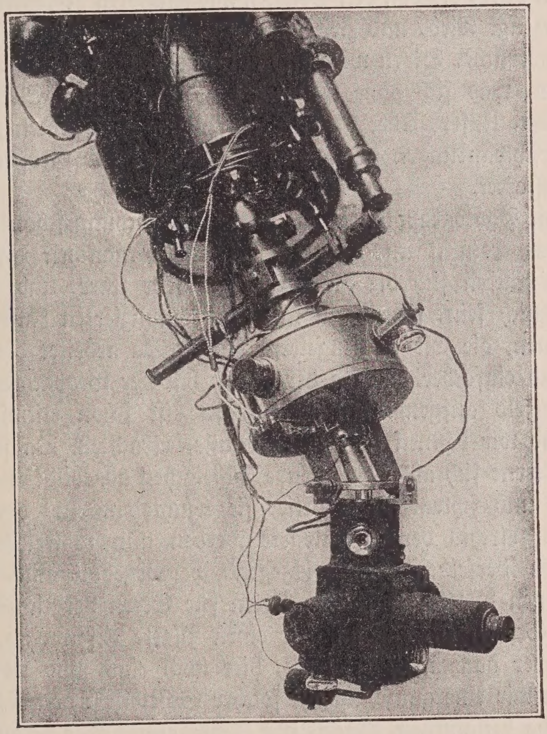


Abb. 17. Lichtelektrisches Photometer der Sternwarte Babelsberg

kung des Ausbruches verpufft und das kleinste Licht wieder erreicht ist (zwischen M und N).

Dennoch sind nicht alle Forscher von dieser Erklärung befriedigt; manche nehmen z. B. anstatt eines Doppelsystems einen einzelnen Stern an, bei dem die Lichtausbrüche durch wechselweise Ausdehnung und Zusammenziehung reguliert werden. Es wird noch mancher Be-

obachtungen und Überlegungen bedürfen, ehe die Wahrheit über den Lichtwechsel dieser Sterne, als deren Hauptvertreter Delta im Cepheus gilt, ans Licht kommt.

Von hoher Bedeutung sind gerade hier die neuen, äußerst empfindlichen Beobachtungsmethoden, bei denen mittels besonderer Vorrichtungen durch die von den Sternen ausgesandten Lichtstrahlen Elektrizität erzeugt wird, und zwar um so mehr, je heller der Stern ist. Ein veränderlicher Stern wird also bald mehr, bald weniger Elektrizität liefern, was sich ohne weiteres am Zeiger eines Elektrometers ablesen läßt. Unsere Abb. 17 zeigt ein solches Instrument, das uns noch Lichtschwankungen von einem Hundertstel der Größenklasse zu messen gestattet.

Auch die Photographie, der die Himmelsforschung schon so viel zu danken hat, kommt uns hier zu Hilfe. An manchen Stellen des Himmels häufen sich die Veränderlichen sehr stark, und es würde kaum möglich sein, sie einzeln mit den komplizierten Instrumenten vorzunehmen, die wir kennengelernt haben. Da arbeitet die Kamera rascher und einfacher. — In der Nacht hat der Beobachter das betreffende Feld aufgenommen; die Platte ist schon entwickelt und fixiert, und wir können sie nun in Muße betrachten. Da sehen wir, daß die Sterne sich als kleine runde Scheibchen abgebildet haben, um so größer und schwärzer, je heller sie leuchteten. Aus dem photographischen Archiv der Sternwarte werden nun zahlreiche frühere Aufnahmen derselben Himmelsgegend hervorgeholt und mit der neuerhaltenen Platte sorgfältig, Stern für Stern verglichen. Da ist schon ein Scheibchen, das auf der einen Platte tiefschwarz, auf der anderen aber ganz matt erscheint, hier noch eins, und nach kurzer Zeit haben wir eine ganze Anzahl solcher Scheibchen von wechselnder Schwärzung beisammen. Wechselnde Schwärzung aber bedeutet wechselnde Helligkeit, und so ist es uns gelungen, in aller Bequemlichkeit zahlreiche Veränderliche zu entdecken, die wir ohne photographische Hilfsmittel viele Nächte hindurch einzeln am Fernrohr hätten untersuchen müssen.

Damit sei unsere Unterhaltung über diesen Gegenstand abgeschlossen, und ein neues Kapitel mag uns neue Anregungen und Ausblicke gewähren.

*

9. Doppelsternsysteme

Wenn wir mit Hilfe einer Karte am Himmel den Stern ε in der Leyer aufsuchen und ihn genau betrachten, so will es uns scheinen, als ob wir hier eigentlich zwei, sehr nahe benachbarte Sterne vor uns hätten, und dieser Eindruck bestätigt sich in der Tat bei einem Blick durch das Fernrohr. Aber da sehen wir nicht nur zwei, sondern sogar vier Sterne, denn jeder der beiden ersten erweist sich wiederum als doppelt. So gibt es noch manche Sterne, die dem bloßen Auge einfach erscheinen, im Fernrohr dagegen sich als enge Paare offenbaren. Ein sehr hübsches Beispiel, das jedem Besitzer eines kleinen Fernrohres Freude macht, ist β im Schwan, wo ein gelber Stern 3. und ein bläulichweißer 5. Größe dicht beisammen stehen; oder ζ im Großen Bären, der sich aus einem Stern 2. und einem solchen 3. Größe zusammensetzt. Ein anderer, oft genannter Fall ist das sog. Trapez im Orion (Abb. 18). Wo das Auge nur einen Stern 4. Größe sieht, zeigt ein kleines Fernrohr vier in Form eines Trapezes angeordnete Sterne, ein größeres Instrument läßt schon sechs Sterne erkennen, und in den Riesenfernrohren amerikanischer Sternwarten hat man noch zwei weitere aufgefunden, von denen einer wiederum doppelt ist.

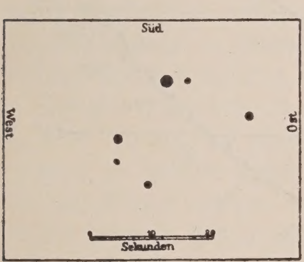


Abb. 18. Das Trapez im Orion

Häufig wird es sich hier um Sterne handeln, die nur scheinbar nahe benachbart sind; sie stehen, von der Erde aus gesehen; in nahezu derselben Richtung, aber der eine weit hinter dem anderen. Jedoch nicht immer. Wir wissen heute, daß es wirklich doppelte und mehrfache Sterne gibt, Sternsysteme, in denen sich zwei oder

gar mehrere Sonnen in geſchloſſenen Bahnen umeinander bewegen. Wiederholte Meſſungen mit beſonders geeigneten Inſtrumenten, den ſog. Mikrometern, haben nämlich zu dem Ergebnis geführt, daß bei manchen Paaren der Abſtand und die gegenſeitige Stellung der beiden Sterne ſich im Laufe der Jahre ändern. Dieſe Änderungen können in zahlreichen Fällen nur auf eine Bewegung der beiden Sterne umeinander zurückgeführt werden, eine Bewegung, die in langgeſtreckten

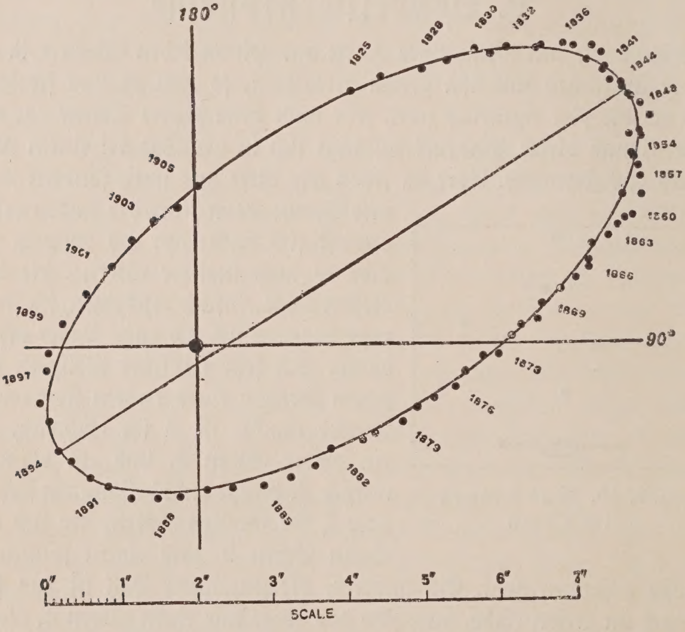


Abb. 19. Bahn des Doppelſternes 70 im Ophiuchus

Bahnen, ſog. Ellipſen, und nach genau denſelben Geſetzen abläuft wie die Bewegungen der Planeten um die Sonne. Unſere Abb. 19 zeigt z. B. die Bahn, die der ſchwächere Stern des Paares 70 im Schlangenträger um den helleren beſchreibt. Nach den Rechnungen der Aſtronomen erfordert ein vollſtändiger Umlauf etwa 90 Jahre; dabei iſt der ſchwächere Stern von dem helleren im Durchſchnitt faſt genau ſo weit entfernt, wie der Planet Neptun von der Sonne, nämlich 4,3 Milliarden Kilometer.

Beſonders lehrreich ſind die Umſtände, unter denen die lichtſchwachen Begleiter von Sirius und Prokyon bekannt wurden. Schon Beſſel hatte in der Bewegung dieſer hellen Sterne merkwürdige Unregelmäßigkeiten entdeckt, die ihn zu der Vermutung führten, daß jeder der beiden mit einem dunklen oder ſehr ſchwach leuchtenden Begleitſtern verbunden ſei, der durch ſeine anziehende Wirkung die Bahn des Hauptſternes durch den Weltenraum beeinfluſſe. Es gelang ſogar, aus den erwähnten Unregelmäßigkeiten zunächſt für Sirius, ſpäter auch für Prokyon die Bahn des Begleiters zu berechnen, ehe man dieſen ſelbſt je geſehen hatte. Und die Rechnungen fanden eine glänzende Beſtätigung, denn bald darauf entdeckte man in unmittelbarer Nähe des Sirius ein Sternchen 8. Größe, das wirklich in der berechneten Bahn um ihn lief, und drei Jahrzehnte ſpäter fand man auch den Prokyonbegleiter, womit beide Sterne endgültig als Doppelſyſteme erwieſen waren. Die Geſchichte erinnert ſtark an die Auffindung des Planeten Neptun, über die ich meinen Leſern im erſten Bändchen berichtet habe.

Der Siriusbegleiter iſt von ſeinem Hauptſtern etwa zwanzigmal ſo weit entfernt wie die Erde von der Sonne und umwandert ihn in rund 50 Jahren. Seine Maſſe iſt nahezu gleich der Sonnenmaſſe, die des Sirius dagegen doppelt ſo groß. Aber unſer Sternchen erſcheint noch in anderer Hinſicht als ſehr merkwürdig. Es leuchtet 300 mal ſchwächer als die Sonne, und wenn die Rechnungen der Aſtronomen ſich beſtätigen ſollten, iſt ſein Durchmeſſer kaum ſo groß wie der des Planeten Neptun, nämlich rund 40 000 Kilometer, ſeine Dichte aber gleich dem 28 000 fachen der Sonnendichte. Stellen wir uns vor, was das bedeutet. Dieſer Stern müßte aus einem Material beſtehen, das an 5000 mal feſter iſt als Eiſen! Von einer Gaskugel kann hier natürlich nicht mehr die Rede ſein; überhaupt ſteht das Ergebnis in offenem Widerſpruch zu unſeren bisherigen phyſikaliſchen Erfahrungen, und man darf geſpannt darauf ſein, wie ſich der Knoten einmal löſen wird. —

Je näher die beiden Sterne eines Paares beiſammen ſtehen, um ſo ſchwieriger wird es, ſie im Fernrohr getrennt zu ſehen, und gewiß gibt es manchen Doppelſtern, den wir nur deshalb nicht als ſolchen erkennen, weil die beiden Sonnen, die das Syſtem bilden, einander zu nahe ſind. Aber in ſolchen Fällen kann ſich die Doppelſternnatur auf andere Weiſe verraten. Wie die beiden Sterne, von der Erde aus

gesehen, zu einem einzigen verschmelzen, so überlagern sich auch ihre Spektra zu einem Gesamtspektrum, aus dem man zunächst nicht erkennen kann, welche Linien dem einen, welche dem anderen Stern angehören. Nun wissen wir von früher her schon, daß die Linien sich nach der Seite des Violett verschieben, wenn ein Stern sich uns nähert, nach dem Rot, wenn er sich entfernt. Zwei Sterne nun, die sich so umeinander bewegen, daß wir von der Erde aus flach gegen ihre Bahnen schauen (nicht senkrecht darauf), rücken abwechselnd von uns ab und auf uns zu. Das muß sich also im Spektrum bemerkbar machen. In welcher Weise, haben wir im vorigen Kapitel schon angedeutet, und die dort gebrachte Abb. 16 mag uns auch hier wieder dienen. Nehmen wir an, eine bestimmte Spektrallinie (x) sei beiden Sternen des Systems gemeinsam. Befinden sich nun die Sterne in M und m, so stehen sie, von der Erde aus gesehen, ungefähr in derselben Richtung, ihre Spektra überdecken sich vollkommen, und die Linie x erscheint einfach. Jetzt aber kommt der Stern s in seiner Bahn auf uns, seine Linie verschiebt sich also nach Violett, gleichzeitig weicht S zurück, und seine Linie verschiebt sich nach Rot. Der Erfolg wird sein, daß die Linie x nunmehr doppelt erscheint. Später, wenn die beiden Sterne in N bzw. n angelangt sind, ist sie wieder einfach; darauf verdoppelt sie sich von neuem, kurz — ein noch so enges Sternpaar, das wir selbst in den größten Fernrohren nicht mehr getrennt sehen, verrät sich doch dadurch, daß seine Spektrallinien abwechselnd einfach und doppelt erscheinen. Die Astronomen sind sogar imstande, aus den Linienverdopplungen die Bahnen zu berechnen, in denen sich die beiden Sterne umeinander bewegen; meistens sind sie einander viel näher als Erde und Sonne, und die Umlaufszeit beträgt nur wenige Tage. Als Beispiel sei Spica (α in der Jungfrau) genannt; hier haben wir zwei Sterne, die im Durchschnitt noch keine 3½ Millionen Kilometer voneinander entfernt sind sind und nicht mehr als 4 Tage gebrauchen, um einen Umlauf zu vollenden. —

Wir dürfen das Reich der Doppelsterne nicht verlassen, ohne zuvor noch eine Gruppe von Sternen betrachtet zu haben, die zunächst scheinbar nicht dahin gehören.

Wenn wir den Stern β im Perseus längere Zeit hindurch beobachten, so bemerken wir folgendes: Für gewöhnlich ist dieser Stern, der auch den Namen Algol führt, 2. Größe. Aber jedesmal nach Ab-

lauf von etwa 2 Tagen und 10 Stunden nimmt seine Helligkeit ab, sinkt im Verlauf von 5 Stunden auf die 3. Größe herab, steigt dann wieder, um nach abermals 5 Stunden wieder die 2. Größe erreicht zu haben, die der Stern nun unverändert für mehr als 2 Tage beibehält, worauf dasselbe Spiel von neuem beginnt. Scheinbar haben wir einen veränderlichen Stern vor uns, in Wirklichkeit handelt es sich hier aber um ganz andere Vorgänge, als sie uns von den veränderlichen Sternen her bekannt sind.

Algol ist nämlich ein heller Stern, der von einem sehr nahen, dunkleren Begleiter umkreist wird, und die Bahn liegt so, daß der dunkle Stern den hellen jedesmal, wenn er zwischen ihn und den irdischen Beobachter tritt, teilweise verfinstert; ganz ähnlich, wie der Mond die Sonne bedeckt und dadurch eine Sonnenfinsternis verursacht. Diese teilweise Verfinsterung Algols macht sich für uns eben durch die oben beschriebene Schwächung seiner Helligkeit bemerkbar. Hier haben wir also eine dritte Möglichkeit, Doppelsterne aufzufinden, und in der Tat kennen wir bereits weit über 100 solcher Paare, in denen ein heller Stern mit einem verhältnismäßig dunklen und abgekühlten verbunden ist.

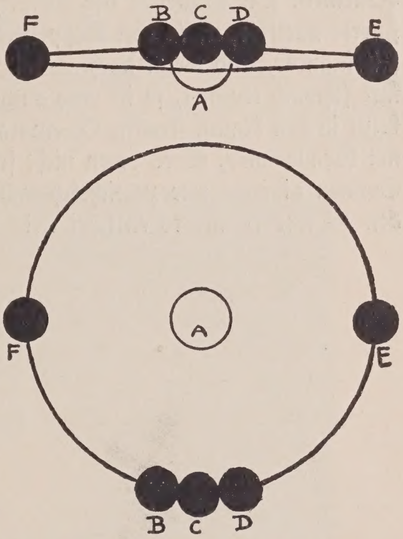


Abb. 20. Das Algolsystem
Die Bahn des dunkleren Sternes um den hellen (A), oben von der Seite geschaut, unten in der Aufsicht. In den Stellungen B, C, D des Begleiters wird der Hauptstern für den irdischen Beobachter teilweise bedeckt

Das Algolsystem selbst ist davon am genauesten erforscht. Der Durchmesser des hellen Sternes beträgt 1,7 Millionen, der des dunklen 1,3 Millionen Kilometer (Sonne 1,4 Millionen Kilometer). An Masse besitzen beide zusammen etwa $^2/_3$ der Sonnenmasse. Die Mittelpunkte der beiden Sterne sind 5,2 Millionen Kilometer voneinander entfernt, ihre Oberflächen nur 3,7 Millionen Kilometer (vgl. Abb. 20).

Schon bei dem Doppelstern Spica fanden wir ähnliche Verhältnisse, und wir können uns schwer vorstellen, wie zwei mächtige Sonnen in so geringem Abstand voneinander bestehen können, ohne sich zu einem einzigen Weltkörper zu vereinigen. —

Haben wir nun in den Doppelsternen ähnliche Bildungen vor uns, wie deren eine das Sonnensystem darstellt? Wir müssen die Frage verneinen. Die Begleiter der Sonne, die Planeten, sind dunkle, erstarrte Weltkörper, in den Doppelsternen aber verbinden sich Sonnen miteinander, und wenn auch — wie bei Algol — die eine von ihnen nur schwach leuchtet, so ist doch auch sie noch ein Gasball, der eigene Glut in den Raum strahlt. Ob einmal ein richtiger, bewohnbarer Planet daraus wird, ob es deren nicht schon zahllose im Gefolge anderer Sonnen gibt — nur zu lichtschwach, um von uns bemerkt zu werden — wer könnte es entscheiden!

*

10. Die Welt der Sternhaufen

Im Bilde des Herkules, gerade zwischen den Sternen Zeta und Eta, erscheint in klarer, dunkler Nacht ein blasses Lichtwölkchen, scharfen Augen eben erkennbar. Es ist der berühmte Sternhaufen



Abb. 21. Sternhaufen im Herkules

Messier 13 (Abb. 21), eine Himmelswelt, deren Pracht und Großartigkeit jedem unvergeßlich bleiben wird, der sie einmal im Gesichtsfelde eines kraftvollen Fernrohres schauen durfte. Ein Funkeln und Glitzern Tausender von Sternen, die in der Mitte des Haufens zu

einem einzigen Lichtschimmer zusammenfließen, entzückt das Auge, und der Gedanke an die Kräfte, die, über Räume und Zeiten wirkend, dieses Bild zusammengefügt haben, gibt dem Geiste mächtige Anregung. —

Schon im 6. Kapitel haben wir kleinere Gruppen von Sternen kennengelernt, wie die Hyaden und die Bärenfamilie, die sich gemeinsam durch den Raum bewegen. Hier aber sehen wir uns einem ganzen Weltsystem gegenüber, Tausenden von Sonnen gemeinsamen Ursprungs, gemeinsamer Bahn, gemeinsamen Schicksals. Der Herkuleshaufen ist ein Hauptvertreter jener Art von Sterngruppen, die man ihrer Gestalt wegen kugelförmige nennt. Sie sind anscheinend ganz regelmäßig gebaut, indem die Sternfülle vom Rande nach der Mitte zu gleichförmig und stetig anwächst; in einiger Entfernung vom Zentrum ist dann das Gedränge meist schon so dicht geworden, daß die Sterne nicht mehr einzeln erkennbar sind.

Bis jetzt kennen wir etwa 80 solcher Sternsysteme, und es scheint, daß ihre Zahl damit ziemlich erschöpft ist. Manche davon erscheinen sehr klein und zusammengedrängt, doch gibt es nicht wenige, die an Größe den scheinbaren Abstand des bekannten Reiterleins im Großen Bären von seinem hellen Nachbarn Zeta übertreffen, und einzeln, wie der prächtige Haufen im Zentauren, sind umfangreicher als selbst die Scheibe des Vollmondes. Es versteht sich, daß hier nur von der scheinbaren Größe die Rede ist, über die wahren Durchmesser dieser Sternhaufen werden wir erst später einiges erfahren.

Die meisten kugelförmigen Sternhaufen finden wir in den Sternbildern Schütze, Adler und Schlangenträger zusammengedrängt. Merkwürdig genug hat das Studium ihrer Bewegungen gezeigt, daß diese Sternsysteme, soweit die betreffenden Messungen als zuverlässig gelten können, sich alle in Richtung auf jenes mattschimmernde Lichtband bewegen, das als Milchstraße den Himmel umspannt. Obwohl nun angesichts der großen Geschwindigkeit, mit der die Haufen auf die Milchstraße zueilen, manche von ihnen schon längst dort angekommen sein müßten, findet man in der Milchstraße selbst nicht einen einzigen Kugelsternhaufen. Wie ist das zu erklären?

Nun, es gibt in der Milchstraße zwar keine kugelförmigen, wohl aber eine große Anzahl lockerer gebauter, sog. offener Sternhaufen. In diesen sind die Sterne nicht so zusammengedrängt, weniger zahlreich und viel unregelmäßiger angeordnet (vgl. Abb. 22). Die Auf-

fassung einzelner Astronomen geht nun dahin, daß die kugelförmigen Sternhaufen in der Milchstraße selbst nicht bestehen können, sondern sich unter dem Zwange einstweilen noch unbekannter Kräfte auflösen, wenn sie der Milchstraße nahe genug gekommen sind. Dabei werden

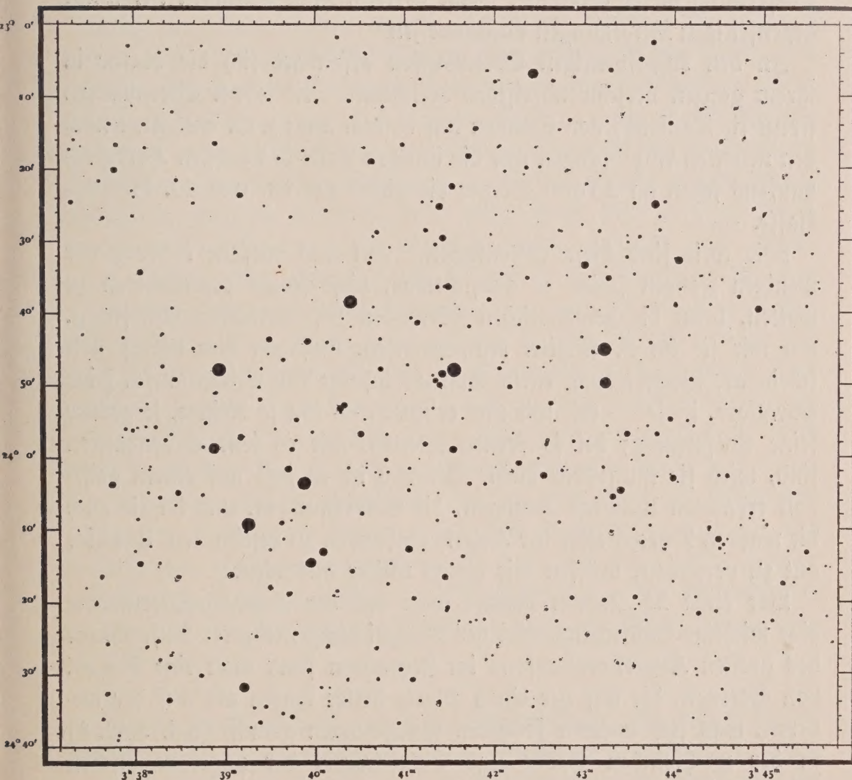


Abb. 22. Der offene Sternhaufen der Plejaden nach Beobachtungen von Graff in Hamburg

die außen befindlichen Sterne, die fremden Einwirkungen leichter unterliegen, dem Haufen zuerst verloren gehen, während die übrigen, wenn auch weiter verstreut als vorher, zunächst noch zusammenbleiben. Der kugelförmige Sternhaufen hat sich also in einen offenen verwandelt. So würde sich in einfacher Weise erklären, daß Kugelsternhaufen wohl sehr nahe, aber niemals in der Milchstraße auftreten.

Man hat oft versucht, die Bewegungen der Sterne **innerhalb** eines Kugelhaufens zu bestimmen, aber bisher ohne Erfolg. Gewiß sind die Sterne, während der Haufen als Ganzes fortschreitet, auch unter sich noch in Bewegung; es ist nur ein Beweis der ungeheuren Entfernung dieser Systeme, wenn es noch nicht gelungen ist, solche gegenseitigen Bewegungen nachzuweisen.

In den kugelförmigen Sternhaufen offenbart sich die Natur in ihrem ganzen verschwenderischen Reichtum. Mit jedem Sternhaufen streut sie Tausende von Sonnen auf einmal aus; z. B. enthalten nach den neuesten Abzählungen nur die inneren Teile des großen Herkuleshaufens schon an 30 000 Sterne bis hinab zur 18. und 20. Größenklasse. —

Wie weit sind diese Sternsysteme von uns entfernt? Noch vor wenigen Jahren schien es aussichtslos, diese Frage beantworten zu wollen, denn die gewöhnlichen Methoden der Entfernungsmessung, wie wir sie im 3. Kapitel kennenlernten, versagen hier völlig. Die scheinbare Verschiebung eines Sternes infolge des Erdumlaufs, seine Parallaxe, ist ja — wie wir uns erinnern — um so kleiner, je größer seine Entfernung; bei so fernen Welten, wie es jene Sternhaufen sind, wird sie unmeßbar klein. Dennoch ist es jetzt auf einem geistvoll erdachten Umwege gelungen, die Entfernungen, und damit auch die wahren Durchmesser der Kugelsternhaufen zu bestimmen. Um dies gut zu verstehen, müssen wir etwas weiter ausholen.

Vor etwa 25 Jahren machte man auf der Harvard-Sternwarte eine wichtige Entdeckung. Bei der Vergleichung mehrerer Aufnahmen des großen Kugelsternhaufens im Zentauren fand man eine Anzahl von Sternen, die auf der einen Platte heller waren als auf der anderen, was sich unseren früheren Erfahrungen gemäß (vgl. Kap. 8) in der wechselnden Größe und Schwärzung der photographischen Sternscheibchen ausspricht. Es gibt also in diesem Sternhaufen Veränderliche, und zwar nicht wenige; denn unter 3000 geprüften Sternen fanden sich 128 von wechselnder Helligkeit. Nun wurden auch andere Sternhaufen daraufhin untersucht, mit dem gleichen Ergebnis. Z. B. erwiesen sich von je 900 Sternen im System Messier *3* 132, in Messier *5* 85 und in Messier *15* 51 Sterne als veränderlich. Wie sich dann weiterhin zeigte, gehören diese Sternhaufen-Veränderlichen fast ausnahmslos zur Klasse der Delta Cephei-Sterne, deren merkwürdiges und noch immer rätselhaftes Verhalten wir ja im 8. Ka-

pitel ausführlich besprochen haben. Die Sternhaufen-Veränderlichen treten durch den außerordentlich raschen Verlauf ihrer Lichtänderungen noch besonders hervor; in wenigen Stunden — durchschnittlich etwa 12 bis 15 — wird der ganze Kreislauf des Lichtwechsels von der größten Helligkeit zur kleinsten und wieder zur größten durchlaufen.

Auch hier wieder stehen wir vor der Frage, welches die Ursachen dieser merkwürdigen Lichtänderungen sein mögen. Schon früher, als wir uns eingehend über die veränderlichen Sterne unterhielten, haben wir einen Erklärungsversuch betrachtet (Abb. 16); hier bietet sich vielleicht eine neue Möglichkeit, der Sache auf den Grund zu kommen. Da ist der Sternhaufen Messier 3; er enthält Sterne verschiedenster Helligkeit, aber die Veränderlichen unter ihnen sind in ihrer durchschnittlichen Lichtstärke alle einander gleich, nämlich fast genau 15,5. Größe. Sollte dies bedeuten, daß sie sich auch alle in demselben Entwicklungsstadium befinden, und daß die Veränderlichkeit eben nur in diesem Stadium die Sterne ergreift? Dann würden sich also im Inneren eines Sternes, sobald er sich im Lauf seiner Entwicklung diesem „kritischen Alter" nähert, physikalische Umwälzungen stattfinden, die ihn für einige Zeit zum veränderlichen Stern machen. Welcher Art diese Umwälzungen sind, wie lange sie dauern, ob jeder Stern einmal von ihnen ergriffen wird, oder nur solche, mit denen von vorneherein irgendetwas nicht in Ordnung war — alle diese Fragen bleiben allerdings vorerst noch in tiefes Dunkel gehüllt.

Indessen ist es uns hier um die Entfernung der Sternhaufen zu tun, und die Veränderlichen sollen uns nur als Mittel dienen, jene zu bestimmen.

Wie das?

Für die Veränderlichen der Delta Cephei-Klasse gibt es eine Regel, derzufolge die Lichtänderungen um so langsamer verlaufen, je größer die wahre Helligkeit des Sternes ist. Auf Grund dieser Regel, die von amerikanischen Forschern entdeckt wurde, kann man z. B. berechnen, daß ein Stern, bei dem der volle Kreislauf des Lichtwechsels von der größten Helligkeit zur kleinsten und dann wieder zur größten gerade einen Tag dauert, etwa 180mal heller ist als die Sonne; dauert dieser Kreislauf 3 Tage, so ist der Stern 400mal heller als die Sonne; dauert er 6 Tage, 900mal heller usw.

Aus der Zeitdauer nun, die der Ablauf der Lichtänderungen bei den Sternhaufen-Veränderlichen umfaßt, kann man auf diese Weise

schließen, daß jene Sterne im Durchschnitt etwa 100 mal so hell sind wie unsere Sonne. Und jetzt das Schlußglied der Kette! Damit Sterne, welche die Sonne 100 mal an Leuchtkraft übertreffen, uns als schwache Lichtpunkte 13. bis 15. Größe erscheinen, müssen sie so und so viel Lichtjahre entfernt sein.

Hiermit haben wir unser Ziel erreicht. Wir können die Entfernung der Veränderlichen berechnen, die in den Sternhaufen enthalten sind, und bekommen damit auch den Abstand der Haufen selbst. Und mit einem Schlage weitet sich uns jetzt der Raum ins Unendliche, denn die Entfernungen dieser Weltsysteme lassen alles weit hinter sich zurück, was wir bisher an astronomischen Maßen kennengelernt haben. Von den beiden nächsten kugelförmigen Sternhaufen trennen uns nicht weniger als 23 000 Lichtjahre; mehr als ein Viertel aller untersuchten Haufen ist über 100 000 Lichtjahre, der weiteste aber deren 220 000 von uns entfernt.

Die Kenntnis der Entfernungen ermöglicht es nun auch, aus der scheinbaren Größe den wahren Durchmesser abzuleiten. Nehmen wir z. B. den großen Sternhaufen im Herkules. Damit er uns bei seiner Entfernung von 100 000 Lichtjahren so erscheint, wie wir ihn sehen, muß er einen wahren Durchmesser von rund 1000 Lichtjahren besitzen. Für einen Beobachter am einen Ende des Haufens würde ein Stern am anderen Ende, selbst wenn er 100 mal heller wäre als die Sonne, noch um zwei Größenklassen unter der Sichtbarkeitsgrenze für bloße Augen bleiben. Unsere Sonne muß, von diesem Sternhaufen aus gesehen, als Stern 22. Größe erscheinen, also für Instrumente, wie sie uns zur Verfügung stehen, überhaupt unerreichbar sein. —

Vor 100 000 Jahren haben die Lichtstrahlen, die uns heute den Herkules-Sternhaufen als blasses Wölkchen sichtbar machen, jenes Weltsystem verlassen. So wie wir es heute in unseren Tagen sehen, war es vor 100 000 Jahren, als in Europa die Eiszeitmenschen das Mammut jagten. Wie sieht es jetzt aus, dieses funkelnde Heer von Sonnen; zieht es noch immer geschlossen seine Bahn? In 100 000 Jahren wird man es auf Erden wissen.

*

11. Kosmische Staubwolken

In der Gegend der nördlichen Krone findet sich ein Stern, der wegen seines eigentümlichen Verhaltens schon seit Jahrzehnten die Aufmerksamkeit der Astronomen auf sich lenkt. Normalerweise ist dieser Stern — er hat die Bezeichnung R Coronae — etwa 6. Größe, für das unbewaffnete Auge also gerade noch erkennbar. Jahrelang steht er so am Himmel, ohne auch nur im geringsten seine Eigenart zu verraten, bis man plötzlich eines Abends bemerkt, daß er schwächer geworden ist. Von nun an sinkt die Helligkeit unaufhaltsam herab; innerhalb weniger Wochen verschwindet der Stern zuerst für das bloße Auge, dann für den Feldstecher, für kleine und mittlere Fernrohre, und schließlich findet man ihn nur noch mit Hilfe großer Teleskope oder auf der photographischen Platte als ganz feines Lichtpünktchen unter tausend anderen. Zuweilen reichen aber auch diese Hilfsmittel nicht mehr aus, es ist, als ob der Stern spurlos vom Raume verschlungen sei. — Monate vergehen, immer wieder hält der Beobachter nach dem verschwundenen Stern Ausschau, und endlich wird seine Erwartung erfüllt. Der Stern ist wieder da. Zuerst nur ein schwaches, unbestimmtes Aufblitzen und Wiedervergehen. Dann wird der Eindruck deutlicher, man kann den Lichtpunkt schon fixieren, und nun geht es mit der Helligkeit langsam aufwärts, bis nach Verlauf einiger Wochen oder Monate auch das unbewaffnete Auge den Stern wieder an seinem Platze erblickt. Solche Lichtsenkungen sind im Laufe der letzten 50 Jahre mehrfach in unregelmäßiger Aufeinanderfolge an diesem Stern beobachtet worden. Was für Vorgänge mögen hier im Spiele sein?

Offenbar handelt es sich um einen veränderlichen Stern ganz besonderer Art, wie bisher deren nur wenige, etwa ein Dutzend, bekannt sind. Die Aufdeckung der wahrscheinlichen Ursachen ihres Lichtwechsels wird uns in der Erkenntnis des Weltalls wieder einen Schritt weiterführen.

Bisher haben wir nur von den Sternen gesprochen. Aber die sind gewiß nicht immer das gewesen, was sie heute sind: glühende Gaskugeln. Lange bevor ein Stern seinen Lebenslauf als leuchtende Sonne begann, existierten schon die Stoffe, aus denen er gebildet ist, als formlose, dunkle und kalte Gas- oder Staubwolke. Langsam, im Laufe von Jahrmillionen, entstanden in dieser Masse hier und dort dichtere Stellen, die allmählich immer mehr Stoff um sich sammelten, bis sich schließlich die ganze Wolke in einzelne Gaskugeln verteilt hatte, die dann infolge der beständigen Zusammenziehung immer heißer wurden, zu glühen begannen und als Sterne ins Leben traten.



Abb. 23. Kosmische Wolke in der Milchstraße

Ob nun all die ungeheuren Mengen von Gas oder Staub, die ursprünglich den Raum erfüllten, schon aufgezehrt, zur Bildung von Sternen verbraucht sind? Diese Frage kann heute nur mit einem Nein beantwortet werden.

Unsere Abb. 23 zeigt einen kleinen Ausschnitt aus einer sehr sternreichen Gegend des Himmels. Hunderte von Sonnen haben ihr Bild in die lichtempfindliche Platte eingebrannt. Aber in der Mitte des Feldes finden wir einzelne Stellen, die absolut schwarz und leer von Sternen sind. Die ganze Lichtfülle erscheint an ihren Rändern plötzlich wie ausgelöscht. Solcher Stellen — die einen mehr, die anderen weniger ausgeprägt — gibt es am Himmel weit über hundert. Liegt es nicht nahe, hier an dunkle Gas- oder Staubwolken zu denken, die uns den Anblick der hinter ihnen liegenden Sterne entziehen, übriggebliebene Fetzen jener chaotischen Massen, die anfangs den Raum weithin erfüllten? Das ist in der Tat die beste und einfachste Erklärung für das unvermittelte Abbrechen der Sternfülle an solchen Stellen, wie deren Abb. 23 eine zeigt; befriedigender als etwa die Annahme, es befänden sich dort überhaupt keine Sterne.

Nunmehr kehren wir zu unserem Veränderlichen zurück. Nach dem, was wir soeben erfahren haben, bietet sich eine Erklärung seines Lichtwechsels wie von selbst. Der Stern durcheilt eine Gegend des Weltraumes, in der sich zahlreiche Überbleibsel einer großen, dunklen Staubwolke befinden, und jedesmal, wenn er hinter eine solche Wolke tritt, oder in sie hineingerät, wird er unseren Blicken entzogen, ähnlich wie der Mond hinter treibenden irdischen Wolken verschwindet. Diese Auffassung gewinnt noch dadurch an Wahrscheinlichkeit, daß einzelne Veränderliche der besprochenen Art ein blasses Lichtwölkchen bei sich haben, das von dem Stern beim Passieren einer größeren Wolke entführt sein könnte und von ihm beleuchtet wird.

Kein Zweifel nach all dem, daß es im Weltraum außer glühenden Gaskugeln, den Sternen, auch noch formlose Massen staub- oder gasartigen Stoffes gibt. Ja es ist sogar gelungen, solche kosmischen Wolken unmittelbar am Fernrohr zu beobachten. Wir müssen uns allerdings fragen, wie das möglich sei, da diese Wolken doch kalt und dunkel sind. Indessen, der Lichtstrom, der, von Milliarden Sonnen genährt, das ganze Weltall durchflutet, trifft auch jene dunklen Massen und beleuchtet sie, so daß sie sich, wenn auch äußerst schwach, auf der Netzhaut unseres Auges abbilden. Als erster hat sie anscheinend W i l l i a m H e r s c h e l gesehen, der um 1800 mit großen, selbsterbauten Spiegelteleskopen planmäßig den Himmel durchmusterte und mit Recht als Begründer der Fixsternforschung gilt. H e r s c h e l führt zahlreiche Stellen des Himmels an, wo er zwischen den Sternen ein ganz schwaches Leuchten bemerkt hatte, das er eben solchen kosmischen Wolken zuschrieb. Seine Beobachtungen gerieten aber später in Vergessenheit und wurden erst in diesem Jahrhundert wieder aufgegriffen, indem man versuchte, jene Stellen zu photographieren. Merkwürdigerweise schlugen diese Versuche fehl; die Platten zeigten — mit ganz wenigen Ausnahmen — selbst nach mehrstündiger Belichtung absolut nichts von jenem weißlichen Schimmer, den Herschel gesehen hatte. Entweder war also ein so hervorragender Beobachter wie Herschel einer Täuschung zum Opfer gefallen, oder die sonst so empfindliche photographische Platte leistete diesmal weniger als das menschliche Auge. Man wagte zunächst nicht, die Frage zu entscheiden. Inzwischen hatte man jedoch auf der Vatikan-Sternwarte durch unmittelbare Beobachtung eine große Zahl von Feldern entdeckt, denen — mehr oder minder ausgeprägt — ebenfalls eine Art weißlicher Trü-

bung wie von ganz schwachem Leuchten eigen war. Diese Felder zeigten sich später von derselben Art wie die Herschelschen, die im weiteren Verlauf der Beobachtungen wieder aufgefunden wurden.

Demnach scheint es in der Tat, daß die kosmischen Wolken dem Auge sichtbar, der photographischen Platte aber verborgen sind. Nach den römischen Beobachtungen, die mit einem Fernrohr von 41 cm Objektivöffnung angestellt wurden, sind diese Wolken noch viel weiter verbreitet, als Herschels Berichte andeuten. Besonders dicht scheinen sie an solchen Stellen des Himmels zu sein, wo sich nur wenige Sterne befinden, und das ist ja auch erklärlich; denn je weniger Sterne sich gebildet haben, um so mehr bleibt von der ursprünglichen Gaswolke übrig. Umgekehrt finden sich deshalb in sternreichen Gegenden nur noch vereinzelte Wolkenreste, die uns dann die hinter ihnen liegenden Sterne verdecken und auf diese Weise wenigstens mittelbar auch photographisch nachzuweisen sind. Ein Beispiel dafür gibt uns eben die Abb. 23.

Natürlich hat man sich schon oft gesagt, in welchem Zustande sich diese Wolken befinden mögen. Wenn sich die Sterne wirklich aus ihnen bilden, so müssen sie natürlich aus denselben Stoffen zusammengesetzt sein, die wir mit Hilfe der Spektralanalyse auf den Sternen nachgewiesen haben. Bei der niedrigen Temperatur der Wolken — vielleicht sind sie dem sog. absoluten Nullpunkt = —270 Grad nicht allzufern — können aber die meisten Stoffe, insbesondere die Metalle schwerlich in Gasform existieren, da sie erst bei sehr großer Hitze aus dem feurigflüssigen in den dampfförmigen Zustand übergehen, in dem wir sie auf der Sonne und den anderen Sternen vorfinden. Es wird sich daher — wie schon angedeutet — eher um eine Art feinen Staubes handeln, Ansammlungen kleiner fester Teilchen der uns bekannten Stoffe, aber sehr viel dünner und durchsichtiger als etwa eine Staubwolke auf der Landstraße. Auch müssen die Teilchen von bestimmter Größe sein, damit die Wolke nicht durch die Anziehungskraft der benachbarten Sterne zerrissen wird; aber hier beginnen schwierige mathematische Studien, die weit über den Rahmen unserer Unterhaltungen hinausgreifen.

*

12. Weltkatastrophen

Im November des Jahres 1572 wurde die Menschheit durch ein merkwürdiges Ereignis am Himmel in Erstaunen versetzt. Im Sternbild der Cassiopeia, dessen W-förmige Figur gewiß manchem Leser wohlbekannt ist, zeigte sich plötzlich ein Stern, der alle anderen des Himmels an Glanz und Helligkeit übertraf. An dem Platze, den er einnahm, hatte man niemals vorher auch nur die Spur eines Sternes bemerkt. Bis gegen Ende Dezember 1572 behielt der neue Stern seine Helligkeit fast unverändert bei, dann aber begann er schwächer zu werden, war nach Tycho Brahes Bericht im März 1573 1. Größe, im April und Mai 2. Größe, nahm im Juni weiter ab, so daß er im Juli und August etwa den Sternen 3. Größe, den hellsten der Cassiopeia, gleichkam. Im Januar 1574 war er 5., im Februar nur noch 6. Größe, einen Monat später verschwand er dem bloßen Auge und entzog sich damit allen weiteren Beobachtungen; denn Fernrohre gab es damals noch nicht. Zugleich mit der Helligkeit änderte sich auch die Farbe des merkwürdigen Sternes; sie war anfangs weißlich-gelb, später mehr ins Rötliche spielend.

Nach seinem Verschwinden geriet der Stern bald in Vergessenheit; erst im 19. Jahrhundert forschte man aufs neue nach ihm, wobei man nahe dem von Tycho Brahe bezeichneten Orte ein schwaches Sternchen fand, dessen Helligkeit zwischen der 10. und 13. Größe zu wechseln schien. Ob wir hier tatsächlich den neuen Stern von 1572 vor uns haben, wird aber wohl immer eine offene Frage bleiben. —

Die Erscheinung vom Jahre 1572 ist nicht die einzige ihrer Art. Kaum 32 Jahre später leuchtete im Schlangenträger ein neuer Stern auf, der ebenso hell wurde, wie jener in der Cassiopeia. Diesen Stern hat namentlich Keppler, der große Entdecker der Planetengesetze, fleißig beobachtet, und sein „gründlicher Bericht von einem ungewohnlichen Newen Stern, welcher im October diß 1604. Jahres erstmahlen erschienen“ liegt uns noch vor. Keppler meint in diesem Bericht, jener Stern habe „trefflich viel zu bedeuten, zwar nit seiner

Natur nach, sondern ... wegen der Menschen gemüther. Dan anfänglichen bedeutet er den Buchdruckhern große unrhu und zimlichen gewin dabey: dan fast ein jeder Theologus, Philosophus, Medicus und Mathematicus, oder wer sonsten ohne eine arbeitsame ime anbefohlene verrichtung seine ergetzlichkeit bey den studiis sucht, würt ime besonderliche gedanckhen machen, und mit denselben ans liecht khommen wollen. So werden andere gelehrte und ungelehrte ein jeder gern wissen wollen, was er bedeute, und die Authores, so davon geschrieben, zusamen khauffen." —

Der neue Stern von 1604 verschwand wie der von 1572, ohne daß es später je gelungen wäre, ihn mit Sicherheit wieder aufzufinden.

Wußte man in jenen Tagen mit solchen Erscheinungen nicht viel anzufangen, weil eben alle Hilfsmittel fehlten, um der Sache auf den Grund zu kommen, so ist heute das Aufleuchten eines so hellen neuen Sternes stets ein hochwichtiges astronomisches Ereignis. Der Entdecker teilt seinen Fund telegraphisch der astronomischen Zentralstelle in Kiel mit, die dann sogleich alle Sternwarten davon benachrichtigt. Überall wird jetzt der genaue Ort des Sternes vermessen, seine Helligkeit bestimmt, die Umgebung photographiert; man holt aus den Archiven der Sternwarte frühere Aufnahmen der betreffenden Himmelsgegend, um zu sehen, ob der neue Stern etwa schon vor seinem hellen Aufleuchten vorhanden war, man photographiert und untersucht sein Spektrum, trifft Anstalten, seine Entfernung zu messen, kurz, es wird mit allen Mitteln gearbeitet, das Geheimnis des Sternes zu lüften, „wer er sei und wie und wo".

Einer der ersten neuen Sterne, bei denen dieser ganze Aufwand eingesetzt wurde, war die Nova[1]) im Perseus von 1901. Als man sie am 21. Februar entdeckte, erschien sie als bläulich-weißer Stern 2. bis 3. Größe. Eine photographische Aufnahme vom 20. Februar, die alle Sterne bis herab zur 11. Größe enthält, zeigt noch keine Spur von der Nova, die somit einen Tag vor dem Aufleuchten noch schwächer als ein Stern 11. Größe gewesen sein muß. Vom 20. zum 21. Februar ist dann die Helligkeit plötzlich um 8½ Größenklassen, d. h. um das 2500fache emporgeschnellt. Weitere Nachforschungen auf Platten der Harvard-Sternwarte ergaben, daß die Nova tatsäch-

---

[1]) „Nova" ist die gebräuchliche lateinische Bezeichnung für einen neuen Stern.

lich schon früher dagewesen und oft photographiert worden war, aber als unauffälliges Sternchen 14. Größe. Welch furchtbares Ereignis muß sich auf jener fernen Sonne zugetragen haben, um in wenigen Stunden ein solches Übermaß von Glut und Licht auf ihr zu entfachen!

Nach der Entdeckung nahm die Helligkeit des neuen Sternes zunächst noch weiter zu, so daß er am 23. Februar mit Capella, einem der hellsten Sterne des Himmels, vergleichbar war. Dann aber begann sich das Schicksal aller neuen Sterne an ihm zu erfüllen: der Glanz verminderte sich allmählich. Am 1. März war die Nova wieder 2. Größe, 5 Tage später nur noch 3. Größe. Hierauf traten Schwankungen ein; die Lichtstärke nahm zwar im ganzen weiter ab, jedoch von Zeit zu Zeit durch kleine Aufhellungen unterbrochen. Dies dauerte bis Ende Juni, worauf wieder eine ruhige und ununterbrochene Helligkeitsabnahme einsetzte. Im Oktober 1901, 5 Monate nach dem ersten Aufleuchten, war der Stern für das unbewaffnete Auge verschwunden; man verfolgte ihn weiter im Fernrohr und fand ihn im Januar 1902 8., im Mai 9. und im Juli 10. Größe. Nunmehr vollzog sich die Lichtabnahme langsamer; im April 1907 erschien die Nova als Stern 11. Größe, und seit 1914 hält sie sich zwischen der 12. und 13. Größe.

Das letzte Aufleuchten einer sehr hellen Nova am Nordhimmel brachte uns das Jahr 1918. Man entdeckte den Stern in der Nacht vom 7. zum 8. Juni im Sternbild des Adlers; am 9. Juni war er heller als Wega, aber schon am folgenden Tage nahm die Helligkeit wieder ab, und das weitere Verhalten ähnelte dem der Nova im Perseus. Auch bei der Nova im Adler konnte man nachweisen, daß sie schon in früheren Jahren als schwaches Sternchen 11. Größe photographiert und beobachtet worden war. —

Abgesehen von den besonderen Fällen, die wir im 18. Kapitel besprechen wollen, hat man seit dem Jahre 1572, dem Erscheinen der Nova Cassiopeiae, insgesamt etwa 50 solcher „neuen" Sterne beobachtet. Allerdings sind nur wenige davon so hell geworden wie die Nova in der Cassiopeia und die anderen, über die ich meinen Lesern oben berichtet habe; vielmehr gibt es namentlich unter den in den letzten Jahrzehnten photographisch aufgefundenen manche, die niemals heller als 10. Größe geworden. Allen gemeinsam aber ist die Art der Lichtänderungen: einmaliges, plötzliches Aufleuchten und dann langsames Wiederabsinken der Helligkeit.

Natürlich hat man auch versucht, die Entfernungen der neuen Sterne zu messen, aber diese haben sich als so groß erwiesen, daß die Ergebnisse nicht sehr zuverlässig sein können. Z. B. würde die Nova im Adler von 1918 etwa 160 Lichtjahre von uns entfernt sein, die Nova im Schwan von 1920 ebensoweit, der neue Stern im Perseus von 1901 aber mindestens an 650 Lichtjahre. Das Ereignis, das diese Nova aufleuchten ließ, hat sich danach schon um das Jahr 1250 unserer Zeitrechnung abgespielt, aber erst um die letzte Jahrhundertwende hatte der Lichtstrahl die Strecke von jenem Stern zur Erde durcheilt und uns die Kunde gebracht. Wie hell muß die Nova in Wirklichkeit gewesen sein, um aus einer Entfernung von 650 Lichtjahren zur Zeit ihres größten Glanzes so hell wie Capella erscheinen zu können? Das läßt sich jetzt berechnen, und man findet, daß der neue Stern am 21. Februar 1901 die Sonne um mehr als das 30 000fache an Leuchtkraft übertroffen hat, während er vor seinem Aufleuchten, als Sternchen 14. Größe, bis in die Entfernung der Sonne zu uns herangerückt, 10mal schwächer geleuchtet hätte als sie. Seine Helligkeit wurde also infolge des Ereignisses, das ihn zur Nova machte, in kürzester Zeit um das 300 000fache gesteigert.

Sind wir hier nicht in Wahrheit Zeugen einer Weltkatastrophe geworden, wie sie in ihrer ganzen Furchtbarkeit für alles Leben, das etwa davon betroffen wurde, kaum auszudenken ist?

Daß es sich hier nicht um „neue" Sterne im eigentlichen Sinne des Wortes handelt, wird der Leser aus dem Vorhergehenden schon entnommen haben. Die Sterne sind immer da gewesen, als schwache Lichtpunkte unter Millionen anderen, bis ihr plötzliches Aufleuchten sie aus der Menge heraushob.

Wodurch mag diese einmalige rasche Helligkeitszunahme veranlaßt worden sein? Um darüber Klarheit zu gewinnen, dürfen wir uns nicht auf das Studium der Lichtänderungen beschränken, sondern müssen vor allem auch die Natur des Spektrums der neuen Sterne untersuchen. Erst wenn wir das Licht durch ein Prisma zerlegt und das farbige Band mit seinen dunklen Linien vor uns haben, vermögen wir die physikalischen Zustände an der Oberfläche des Sternes einigermaßen zu beurteilen.

Ebenso wie die Helligkeit ist auch das Spektrum einer Nova starken Veränderungen unterworfen, die aber außerordentlich verwickelt und schwer zu deuten sind. Es scheinen sich da mehrere Spektra übereinan-

der zu lagern, wobei nicht nur dunkle Linien auftreten, sondern auch solche, die heller sind, als der Untergrund des Spektrums. Während die dunklen Linien mit abnehmender Helligkeit des Sternes allmählich verschwinden, treten die hellen immer stärker hervor, bis sie schließlich allein übrigbleiben. Es handelt sich vor allem um zwei helle grüne Linien, die schon lange bekannt sind, ohne daß man bisher herausbekommen hat, welcher Stoff sie aussendet. Vermutlich haben wir es mit einem Gas zu tun, das sich auf der Nova in einem besonderen, bisher unbekannten Zustande befindet. Dieses Gas läßt sich sogar unmittelbar beobachten. Wir finden nämlich, daß die Nova in diesem Stadium ihrer Entwicklung von einer leuchtenden Hülle umgeben ist, die gerade diese beiden Linien in ihrem Spektrum hat.

Zum Schluß ändert sich das Spektrum der Nova noch einmal, und es gleicht dann dem Spektrum einer von Wolf und Rayet entdeckten merkwürdigen Klasse von Sternen, die nur in wenigen Exemplaren auftreten und sich vermutlich durch eine hohe Temperatur auszeichnen.

Sehr eigenartig ist nun das Verhalten der dunklen Linien, die sich gleich anfangs beim Aufleuchten des Sternes zeigen. Aus ihrer starken Verschiebung nach Violett (vgl. Abb. 14) folgt nämlich, daß die Gase, in denen diese Linien ihren Ursprung haben — in der Hauptsache Wasserstoffgas — die Nova mit einer Geschwindigkeit von mehreren hundert bis zu zweitausend Kilometern in der Sekunde verlassen. —

Und jetzt stehen wir vor der Aufgabe, alles, was uns die neuen Sterne in Spektrum und Helligkeit an Rätseln vorlegen, zu deuten und zu einer einheitlichen Erklärung der ganzen Erscheinung zusammenzufassen. Doch da müssen wir gleich gestehen, daß die Wissenschaft diese Aufgabe noch nicht gelöst hat. Wohl gibt es eine Anzahl von Theorien, aber darunter keine, die restlos befriedigen könnte.

Zunächst dachte man an einen Zusammenstoß zweier Sonnen, die sich auf ihrer Bahn durch den Weltraum begegnet sind. Aber eine solche Begegnung ist höchst unwahrscheinlich, wenn man sich vergegenwärtigt, wie spärlich die Sonnen im Raume verteilt sind. Außerdem würde ein unmittelbarer Zusammenstoß so viel Hitze entwickeln, daß die Nova nicht schon in wenigen Monaten ihre große Helligkeit wieder verlieren könnte.

Deshalb neigt man heute mehr einer anderen Auffassung zu. Wir

haben auf unserer Fahrt durch die Sonnenwelt (Kap. 16) gesehen, wie winzige Himmelskörper, Bruchstücke von zerfallenen Kometen, mit großer Geschwindigkeit in die Lufthülle der Erde eindringen, infolge der Reibung sich erhitzen und für ein paar Sekunden hell aufleuchten. Wir sprechen dann von einem Meteor oder einer Sternschnuppe.

Was sich hier im Kleinen zuträgt, kann uns Vorbild und Gleichnis für das viel gewaltigere Naturschauspiel einer Nova sein. Wir wissen ja nun, daß es überall im Weltraum dunkle Massen fein verteilten Staubes gibt, und wenn ein oberflächlich schon abgekühlter Stern mit großer Geschwindigkeit in eine solche Staubwolke eindringt, wird er aufleuchten. Die Oberfläche des Sternes, die sich vielleicht schon bis zur Glutflüssigkeit abgekühlt hatte, wird dabei so stark in Mitleidenschaft gezogen, daß sie dem ungeheuren Druck der glühenden Gase, die im Inneren des Sternes eingesperrt sind, nicht mehr standzuhalten vermag. Die Gase stürzen ins Freie und enteilen mit jener großen Geschwindigkeit, die wir vorhin aus den Verschiebungen der Spektrallinien geschlossen hatten.

Indessen hat sich der Stern doch nur oberflächlich erhitzt; sobald die kosmische Wolke hinter ihm liegt, kühlt er sich wieder ab, und nur die dünne Gashülle, die ihn nachher noch umgibt, bewahrt nach außen hin die Erinnerung an das furchtbare Ereignis.

Eine Bestätigung scheint diese Auffassung der Dinge in einer merkwürdigen Entdeckung zu finden, die man mehrere Monate nach dem Aufleuchten der Nova im Perseus von 1901 machte. Eines Tages erschienen nämlich zuerst in der nächsten, später auch in der weiteren Umgebung des Sternes eigentümliche helle Gasschleier. Dürfen wir schließen, daß diese Gasmassen sich schon immer dort befanden und nur jetzt durch das helle Licht der Nova beleuchtet wurden, zuerst die näheren, dann, wenn das Licht sie erreicht hatte, auch die entfernteren Teile? Wir würden dann einen Beweis haben, daß sich damals in der Gegend des neuen Sternes tatsächlich dunkle kosmische Staubwolken befanden. Die Antwort auf unsere Frage hat noch niemand mit Sicherheit geben können. —

Wollen wir zum Schluß unsere Phantasie spielen lassen und uns den einen oder anderen neuen Stern als Zentrum eines Systems von Planeten denken, auf denen das Unglück ihrer Sonne alles Leben zerstört hat — die Wissenschaft wird es uns nicht verwehren.

13. Leuchtende Nebel

Im 9. Kapitel, wo von den Doppelsternen die Rede war, haben wir u. a. auch das sog. Trapez, den neunfachen Stern Theta im Orion, betrachtet. Wer ihn zum ersten Male in einem größeren Fernrohr sieht, wird über den Anblick, der sich ihm bietet, sicher höchst verwundert sein. Was unser Auge fesselt, ist freilich nicht so sehr der mehrfache Stern als vielmehr seine Umgebung. Im ganzen Umkreis finden wir nämlich den Himmelsgrund von einem weißlichen Lichtschimmer bedeckt, der sich, hier und dort von unregelmäßigen dunklen Furchen durchschnitten, gleich einer wild zerklüfteten hellen Wolke weithin ausdehnt und sich zuletzt in feinsten Äderchen am dunklen Himmel verliert (Abb. 24). Mit den funkelnden Lichtpunkten der weißen, gelben und roten Sterne, die zu Hunderten in dem leuchtenden Gewoge verstreut sind, ein wahres Prunkstück des Himmels. —

Es ist der große Orionnebel, in seinen hellsten Teilen schon mit bloßem Auge als mattes Lichtwölkchen erkennbar. Wenn wir das Gebilde Nebel nennen, so soll damit nur seine äußere Ähnlichkeit mit dem weißlichen Schein irdischer Nebelstreifen ausgedrückt werden; in Wirklichkeit haben wir hier etwas ganz anderes vor uns. Schon früher konnten wir uns davon überzeugen, daß es im Weltraum außer den Sternen dunkle, formlose Massen von Staub oder Gas gibt, vielleicht Reste des Urstoffes, aus dem sich die Sterne gebildet haben. Wir erfuhren auch, daß das allgemeine, den Raum durchflutende Sternenlicht diese Wolken ganz schwach beleuchtet und so bis zu einem gewissen Grade auch sichtbar macht. Nun wird es zuweilen vorkommen, daß sich in unmittelbarer Nähe oder gar im Inneren einer solchen kosmischen Staubwolke eine Anzahl besonders heller Sterne befinden, welche die Wolke so stark beleuchten, daß sie auf den ersten Blick als helles Lichtgewoge erscheint. Gerade diesen Fall stellt der Orionnebel dar. An sich eine kalte, dunkle Gaswolke von

derselben Art, wie wir sie im 11. Kapitel kennenlernten, wird er von den zahlreichen heißen Sternen, die in ihn eingebettet sind, so hell beleuchtet, als ob er selbst glühend wäre und eigenes Licht ausstrahlte. Der Ursprung des Lichtes ist wohl hauptsächlich in den Sternen des Trapezes zu suchen, die, nach ihrem Spektrum zu urteilen, sehr heiße

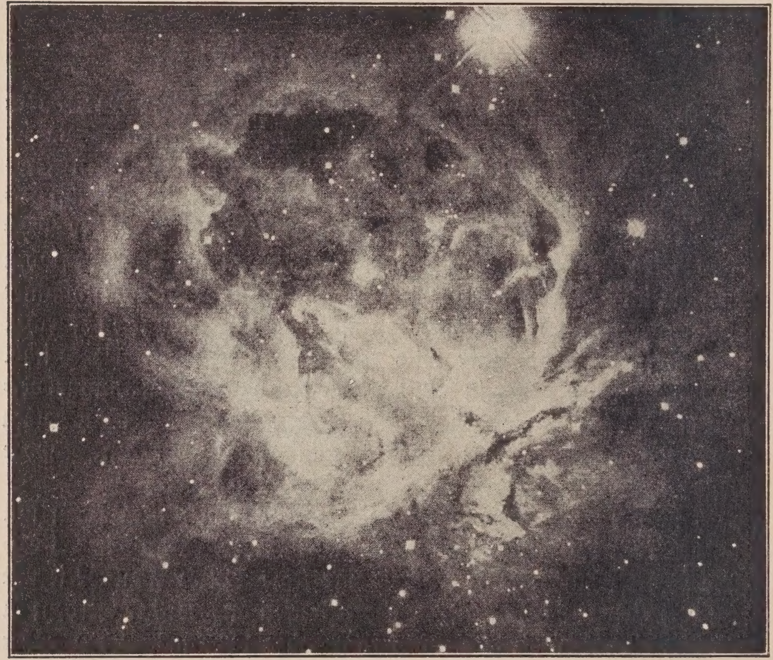


Abb. 24. Großer Orionnebel

und helle Sonnen sein müssen. Den Nebel umschließt rings ein verhältnismäßig sternarmes Gebiet; anscheinend dehnt sich die kosmische Wolke noch bis hier hin aus, nur ist das Licht der Trapezsterne in dieser Entfernung nicht mehr stark genug, die Wolke so hell zu beleuchten, daß sie deutlich sichtbar wird; vielmehr macht sie sich nur noch dadurch bemerkbar, daß sie das Licht der hinter ihr befindlichen Sterne abblendet, wodurch dem irdischen Beobachter ein sternarmes Feld vorgetäuscht wird.

Gelingt es uns, die Entfernung der mit dem Nebel verbundenen Sterne zu messen, so ist damit zugleich auch die Entfernung des Nebels selbst gegeben. Auf diese Weise hat man gefunden, daß der Orionnebel rund 650 Lichtjahre von uns entfernt ist, dem Sonnensystem also weit näher steht als etwa die kugelförmigen Sternhaufen.

Sorgfältiges Studium der einzelnen Teile des Nebels hat zu der



Abb. 25. Plejadennebel

Erkenntnis geführt, daß die gewaltigen Gas- und Staubmassen, aus denen der Nebel besteht, fortwährend in rascher Bewegung durcheinanderwogen. Vielleicht hängt es damit zusammen, daß so viele Sterne im Nebel veränderlich sind; denn wir können uns vorstellen, daß bald dichtere, bald dünnere Staubmassen an ihnen vorüberziehen und ihr Licht mehr oder weniger abschwächen. Indessen mögen hier auch andere Vorgänge mit im Spiele sein. —

Der Orionnebel ist nicht der einzige seiner Art. Wir kennen heute

etwa 60 solcher unregelmäßiger, ausgedehnter Nebel, von denen freilich die meisten viel lichtschwächer sind als der Orionnebel, und nur mit Hilfe photographischer Aufnahmen von mehrstündiger Belichtungszeit in ihrer wahren Gestalt erkannt werden können. Zu diesen gehören z. B. die merkwürdigen Plejadennebel. Die Plejaden oder das Siebengestirn sind jenes Grüppchen von Sternen — man erkennt ihrer 6—14 je nach der Schärfe des Auges —, das, nicht weit vom Orion, unseren Winterhimmel schmückt (Abb. 22). Photographiert man die Plejaden mit einem lichtstarken Fernrohr, so bekommt man zu dem Dutzend heller Sterne noch Hunderte von schwachen und schwächsten; außerdem aber zeigen sich die vier hellsten der Gruppe in dichte, helle Nebelwolken eingebettet (Abb. 25), die sich in zartesten Lichtschleiern von Stern zu Stern ziehen und das ganze, von den Plejaden bedeckte Gebiet erfüllen. Das Spektrum der Plejadennebel stimmt genau mit dem der eingebetteten Sterne überein, ein Zeichen, daß sie nur das von den Sternen empfangene Licht zurückwerfen; ähnlich wie irdische Wolken bei nächtlichem Feuerwerk in der Farbe der emporschießenden Rakete aufleuchten.

Untersucht man jedoch allgemein die Spektra der Nebel, so zeigt sich, daß sie nicht immer denen der eingebetteten Sterne gleichen, wie man doch erwarten sollte, wenn die Nebel nur das Sternenlicht widerspiegeln. Manche Nebel, unter ihnen auch der im Orion, ergeben ein Spektrum von einzelnen hellen Linien, während die benachbarten Sterne ein solches mit dunklen Linien aufweisen. Hier dürfte es sich nicht um einfache Zurückwerfung des Sonnenlichtes durch den Nebel handeln, sondern um einen etwas verwickelten physikalischen Vorgang, den man als Kaltstrahlung bezeichnet, d. h. die an sich dunkle kosmische Wolke wird beim Auftreffen des Sternenlichtes veranlaßt, eigenes Licht auszusenden, ohne sich dabei zu erhitzen; wie ja auch faulendes Holz oder Phosphor im Dunkeln leuchten, obwohl diese Körper kalt sind (daher Kaltstrahlung). Wir können uns hier nicht weiter in diese schwierigen Fragen vertiefen und bemerken nur noch, daß es hauptsächlich die Gase Wasserstoff, Stickstoff, Helium und Kohlenstoff sind, die jene Nebel zusammensetzen und das Hellinienspektrum ergeben. Alles bekannte Elemente, wie ja auch zu erwarten war, wenn die kosmischen Wolken, deren hellbeleuchtete Teile die Nebel sind, den Baustoff für die Sonnen liefern.

Ein anderer, sehr eigentümlicher Nebel befindet sich im Bilde des

Schwanes im dichtesten Sterngewühl der Milchstraße. Man hat ihn Amerikanebel genannt, weil er bis in die kleinsten Züge hinein die Formen des Festlandes von Nordamerika nachahmt.

Von manchem seltsamen und merkwürdigen Naturgebilde ließe sich hier noch berichten, aber es sind ja der Wunder so viele, daß unser Büchlein sich mit einer Auswahl des Schönsten und Lehrreichsten bescheiden muß.

*

14. Am Gipfelpunkt der Sternentwicklung

Wir müssen uns jetzt noch mit einer höchst merkwürdigen Klasse von Nebeln beschäftigen, auf die uns ein kurzer Rückblick auf früher Besprochenes vorbereiten möge. Im 6. Kapitel unserer Unterhaltungen haben wir den Lebenslauf eines Sternes verfolgt, wie er allmählich, im Laufe von Milliarden und Billionen von Jahren, immer heißer wird, dann aber, nachdem seine Lebenskraft erschöpft ist, sich wieder abkühlt, um schließlich ganz zu erlöschen. Wir sprachen auch davon, daß der Stern eine um so höhere Entwicklungsstufe erreicht, d. h. um so heißer wird, je mehr Stoffmasse er bei seiner Bildung aus der kosmischen Staubwolke mitbekommen hat. Damals lernten wir die weißen Sterne der Klasse B mit einer Temperatur von 20 000 Grad als die heißesten, höchstentwickelten kennen (vgl. auch Abb. 11).

Ist damit der unbedingte Gipfelpunkt der Sternentwicklung erreicht oder gibt es vielleicht Sterne, die noch schwerer, noch massiger sind und demnach noch heißer werden, ehe sie beginnen, sich wieder abzukühlen?

In der Tat gibt es solche Sterne. Wahrscheinlich nicht viele; denn es sind uns trotz sorgfältiger Nachforschungen kaum 100 bekannt, die übrigens alle in der Milchstraße liegen. Diese Sterne — sie bilden die Klasse O — zeigen in ihrem Spektrum gewisse Linien der Elemente Helium, Silizium, Stickstoff, die, nach den Lehren der Physik, nur bei Temperaturen von über 20 000 Grad auftreten können. Hierin gehört z. B. der Stern λ (Lambda) im Orion, dessen Oberflächentemperatur rund 24 000 Grad beträgt. Die größte Hitze scheinen Sterne dieser Art bei etwa 30 000 Grad zu erreichen.

Ist es richtig, daß Sterne um so heißer werden, je massiger sie sind, so müssen wir es mit ganz enormen Stoffmengen zu tun haben, die sich in jenen Sternen zu Gaskugeln zusammenballten. Tatsächlich folgt aus Gründen, die wir hier nicht erörtern wollen, daß man im

Durchschnitt etwa 40—50 Sonnenbälle in die Wagschale werfen müßte, um nur einen von diesen Sternen aufzuwiegen.

Trotzdem erscheinen alle diese Sterne verhältnismäßig lichtschwach; zum großen Teil sind sie für das bloße Auge überhaupt unsichtbar. Ihre Entfernung ist offenbar so groß, daß sie uns trotz ihrer hohen Leuchtkraft nicht besonders auffallen. Wie schon mehrfach betont, ist es nicht leicht, sehr große Entfernungen einigermaßen zuverlässig zu bestimmen, und es erforderte mehrfache Messungen nach verschiedenen Methoden, ehe man ungefähre Angaben über die Entfernung der O-Sterne machen konnte. Danach sind diese Himmelskörper im Durchschnitt etwa 3000 Lichtjahre von uns entfernt, und wenn man nun berechnet, wie hell sie in Wahrheit sein müßten, um uns aus solcher Entfernung als Sterne 5., 6. oder 7. Größe zu erscheinen, so findet man, daß sie unsere Sonne nicht weniger als 400 mal an Leuchtkraft übertreffen. —

Im Jahre 1867 entdeckten nun Wolf und Rayet in Paris einige Sterne, die zweifellos der eben besprochenen Klasse angehören, sich aber in einem wichtigen Punkte davon unterscheiden: sie zeigen in ihrem Spektrum anstatt der dunklen breite helle Linien der Elemente Stickstoff, Sauerstoff, Helium, Silizium und anderer. Im Laufe der Jahre fand man weitere Sterne dieser Art, so daß uns jetzt ihrer mehr als 100 bekannt sind. Auch sie liegen, gleich den gewöhnlichen O-Sternen, alle in der Milchstraße.

Was hat es mit dieser Sondergruppe auf sich? Woher die hellen Linien in den Spektren? Anstatt einer Antwort wenden wir uns zunächst den eingangs erwähnten Nebeln zu, die scheinbar unserem Gegenstande ganz fernliegen.

Es sind dies kleine, runde, meist scharf begrenzte Lichtscheiben, die dem Anblick eines Planeten im Fernrohr ähneln und deshalb planetarische Nebel genannt werden. Sie haben aber mit Planeten nichts zu tun. Solche Nebel gibt es etwa 150 in den verschiedensten Formen und Größen, schraubenförmige, ringförmige, runde und elliptische, große, wie der „Hantel"-Nebel mit einem Durchmesser von $^1/_6$ Vollmondbreite und ganz kleine, die kaum von Sternen zu unterscheiden sind (Abb. 26). Die Spektra dieser Nebel zeigen viel Ähnlichkeit mit dem Spektrum des Orionnebels; wir finden darin helle Linien der Gase Wasserstoff und Helium, sowie auch die beiden merkwürdigen grünen Linien, die uns schon in den Spektren der neuen

Sterne begegnet sind. Merkwürdig ist die große Geschwindigkeit, mit der sich die planetarischen Nebel durch den Raum bewegen; sie legen durchschnittlich fast 30 Kilometer in der Sekunde zurück und über-

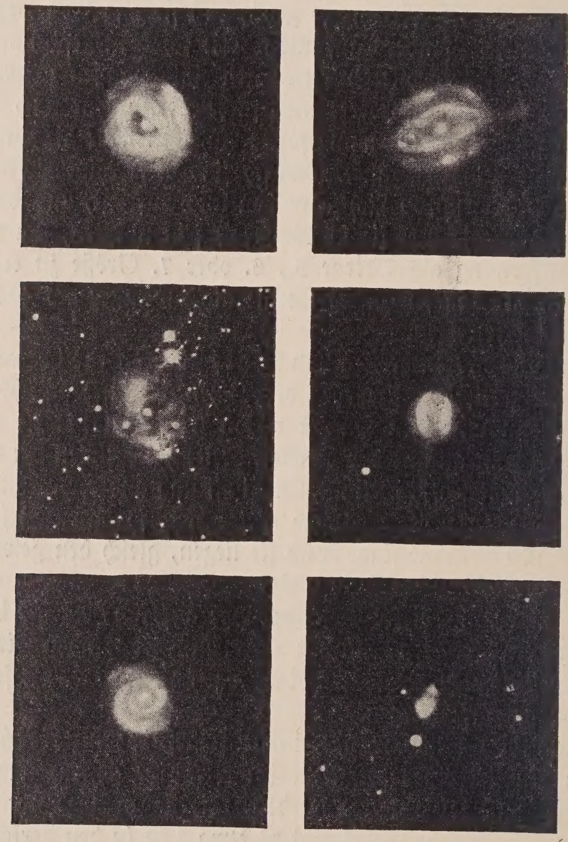


Abb. 26. Verschiedene Typen von planetarischen Nebeln nach Aufnahmen des Mt. Wilson-Observatoriums

treffen darin noch die O-Sterne, die schon zu den schnellstbewegten Fixsternen gehören.

Um die Natur der planetarischen Nebel genauer beurteilen zu können, müssen wir vor allem ihre Entfernungen zu bestimmen

suchen. Dies ist bis jetzt erst für wenige Nebel gelungen, und die Ergebnisse bewegen sich zwischen 140 und 800 Lichtjahren. Damit die Nebel bei dieser Entfernung so groß erscheinen, wie wir sie sehen, müssen ihre wahren Durchmesser von einer Länge sein, welche den Durchmesser der Bahn des Neptun um die Sonne [rund 9 Milliarden Kilometer] um das 40- bis 50fache übertrifft, so daß wir in den planetarischen Nebeln wenigstens zum Teil sehr umfangreiche Weltkörper vor uns haben. Um so feiner und dünner ist aber der Stoff verteilt; ähnlich wie bei den großen unregelmäßigen Nebeln noch viel dünner als die Luft in einem Behälter, der mit den besten Luftpumpen, die wir besitzen, soweit als irgend möglich ausgepumpt wurde.

Untersuchungen der letzten Jahre haben noch die wichtige Tatsache aufgedeckt, daß viele der planetarischen Nebel sich um ihre Achse drehen gleich der Erde, der Sonne und wohl auch allen anderen Sternen. Natürlich dauert es geraume Zeit, bis sich ein so ausgedehnter Weltkörper wie ein planetarischer Nebel einmal um sich selbst gedreht hat; bei dem Ringnebel im Sternbild der Leyer z. B. vergehen darüber nicht weniger als 130 000 Jahre. —

Nachdem wir so einigermaßen über diese Nebel orientiert sind, können wir eines merkwürdigen Umstandes gedenken, der uns wieder auf unser ursprüngliches Thema, die Wolf-Rayet-Sterne, zurückführt. Fast alle planetarischen Nebel sind nämlich mit einem Stern verbunden, der im Mittelpunkt des Scheibchens steht und deshalb Zentralstern genannt wird. Dieser Zentralstern nun ist immer ein Wolf-Rayet-Stern, also ein sehr heißer und massiger Stern der Klasse O mit hellen Linien im Spektrum. Kein Zweifel, der planetarische Nebel ist einfach eine Hülle leuchtender Gase, die gleich einer sehr ausgedehnten Atmosphäre den Stern rings umgibt.

Überblicken wir noch einmal die Sachlage. Eine Reihe von Sternen, die wegen der gewaltigen, in ihnen vereinigten Stoffmenge einen besonders großen Vorrat an Lebensenergie in sich tragen, erreichen mit einer Temperatur von 30 000 Grad eine Entwicklungshöhe, welche die aller anderen Sterne übertrifft (Abb. 11). Viele dieser heißen Sterne zeigen in ihren Spektren helle Linien, manche andere sind außerdem noch von einer leuchtenden Gashülle umgeben. Nun haben wir schon am Schluß des 5. Kapitels angedeutet, daß allzu massenreiche Sterne sich auf die Dauer nicht als geschlossene Gaskugeln halten können und vom Zerfall bedroht sind.

Sollten wir in den planetarischen Nebeln solche Zerfallserscheinungen vor uns haben? Vielleicht sind eben manche O-Sterne so gewaltige Sonnen, daß sie als Gaskugeln nur weiterbestehen können, wenn sie in einem gewissen Entwicklungsstadium Stoff abgeben, der sich nachher als leuchtende Gashülle um den Stern legt. Das Auftreten von hellen Linien im Spektrum könnte das erste Anzeichen der beginnenden Gasabscheidung sein.

Indessen sind wir hier schon auf schwankendem Grund und inmitten der Probleme, die gegenwärtig noch dem Hin und Her wissenschaftlicher Erörterungen unterliegen. Vielleicht ist aber die Entdeckung nicht mehr fern, die auf unsere oben ausgesprochenen Vermutungen mit einem klaren Ja oder einem Nein antwortet. —

Wer übrigens ein kleines Fernrohr besitzt und selbst einmal einen planetarischen Nebel beobachten möchte, findet ein hübsches Beispiel an dem ringförmigen Nebel im Sternbild der Leyer. Er steht gerade zwischen den Sternen β (Beta) und γ (Gamma) und erscheint im Gesichtsfeld eines kleinen Instrumentes als ovales blasses Scheibchen.

★

15. Die Milchstraße

In klaren, dunklen Nächten erscheint am Himmel, in weitem Bogen über uns gespannt, ein mattschimmerndes, vielfach verzweigtes Lichtband — die Milchstraße. Schon zu verschiedenen Malen ist uns dieses prachtvolle Himmelsgebilde im Laufe unserer Unterhaltungen begegnet. So manches, was wir an Merkwürdigem kennen lernten, die Veränderlichen von der Art wie Delta im Cepheus, die heißen O-Sterne und die planetarischen Nebel, die neuen Sterne und die großen leuchtenden Nebel ähnlich dem im Orion — alle diese Weltkörper drängen sich in der Milchstraße zusammen. Von den kugelförmigen Sternhaufen erfuhren wir, daß sie mit großer Geschwindigkeit auf sie zueilen, vielleicht um sich aufzulockern, sobald sie ihr nahe genug gekommen sind.

Dies muß in hohem Maße die Aufmerksamkeit des Forschers erwecken, und so ist denn auch das Problem der Milchstraße in den letzten Jahrzehnten immer wieder Gegenstand sorgfältiger Beobachtungen und geistvoller Theorien gewesen. Es wird jetzt auch für uns an der Zeit sein, die Milchstraße in den Kreis unserer Betrachtungen zu ziehen.

Nehmen wir also einen astronomischen Atlas zur Hand und folgen zunächst einmal dem Lauf der Milchstraße durch die Sterngefilde des Himmels. Wir schließen uns dabei der Beschreibung an, die der berühmte englische Astronom J o h n H e r s c h e l in seinem „Umriß der Astronomie" gegeben hat.

Beginnend im Sternbild der Cassiopeia sehen wir den helleren Teil der Milchstraße nördlich an dem Stern δ vorbeiziehen. Zwischen γ und ε Cassiopeia zweigt ein Seitenarm ab, der sich — zunächst sehr hell — bis α im Perseus verfolgen läßt, dann, schwächer werdend, in Richtung auf die Plejaden zu allmählich verschwindet. Der Hauptstrom indessen, der hier sehr schwach ist, zieht durch das Bild des Fuhrmanns an dessen hellstem Stern, Capella vorbei, passiert weiter-

hin die Zwillinge, den nördlichen Teil des Orion, und erreicht dann das Sternbild des Einhorns. Vom Perseus bis zu dieser Stelle ist das Licht der Milchstraße schwach und unbestimmt; nun aber wird sie etwas heller, und erscheint in den Sternbildern Einhorn und Großer Hund dem Auge als breites, mäßig helles und sehr gleichförmiges Band. Ein scheinbar sternloser Strom bis zu dem Punkte, wo sie das Schiff Argo am Südhimmel erreicht. Hier teilt sich die Milchstraße von neuem, indem sie einen engen, gewundenen Arm dem Stern γ Argo zusendet. Der Hauptstrom wendet sich weiter südwärts und löst sich bald darauf in ein breites, fächerförmiges Gebilde von einander durchkreuzenden Lichtbächen auf, die alle ziemlich plötzlich längs der Verbindungen von λ und γ Argus abbrechen.

An dieser Stelle ist der Lauf der Milchstraße durch eine weite Lücke unterbrochen; dann setzt sie von neuem ein, berührt das Sternbild des Zentauren, wo sie eine merkwürdige, halbkreisförmige Rundung bildet und durchzieht als sehr helles Band das Kreuz des Südens. Hier befindet sich zugleich die schmalste Stelle ihres ganzen Verlaufes. Unmittelbar darauf fließt sie in eine breite helle Masse auseinander, welche die Sterne α und β im Kreuz und β im Zentauren umschließt und fast bis α im Zentauren reicht. Mitten in dieser Lichtmasse und von ihr allseitig umgeben zeigt sich ein birnförmiges, vollkommen dunkles Gebiet, so merkwürdig und auffallend, daß frühere Seefahrer der Südmeere ihm den groben, aber bezeichnenden Namen „der Kohlensack" gegeben haben. Mit bloßem Auge bemerkt man an dieser Stelle nur einen einzigen schwachen Stern. Im übrigen ist hier die Milchstraße bedeutend heller als in den früher beschriebenen nördlichen Teilen.

Bei α im Zentauren teilt sich die Milchstraße wieder. Der Hauptstrom wendet sich in wachsender Breite dem Sternbild der Norma zu, wo er in einen einzelnen Arm von wechselnder Breite und Helligkeit und ein Gewirre von durcheinanderlaufenden Lichtstreifen und -flecken zerfällt. Letzteres verliert sich allmählich in einem ausgedehnten, schwachen Lichtschimmer im Sternbild des Schlangenträgers. Ein breiter dunkler Kanal trennt diesen Teil von dem Hauptarm, der nunmehr die Sternbilder des Skorpions und des Schützen erreicht. Hier wird die Milchstraße in unseren Gegenden wieder sichtbar und in zwei Hauptarmen, die in eine Reihe einzelner heller Wolken zerfallen (Abb. 27), steigt sie vom Adler empor zum Schwan, mit dem

sie unsere lauen Sommernächte schmückt, durchzieht weiterhin das Bild des Cepheus, worauf sie endlich, den Kreis schließend, wieder die Cassiopeia erreicht.

Im Sternbild des Schwans wird sie am schönsten und hellsten; hier zeigt sich auch inmitten der größten Lichtwolke wieder ein breiter, dunkler Kanal, ähnlich dem südlichen „Kohlensack", der den Raum zwischen den Sternen ε, α und γ Cygni einnimmt. —

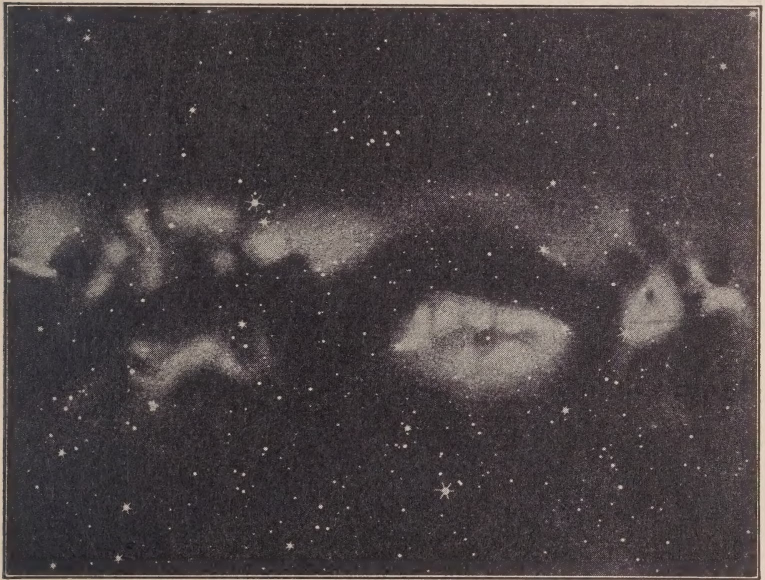


Abb. 27. Die Milchstraße im Schwan und Adler nach Beobachtungen von Pannekoek in Amsterdam

Dies ist in großen Zügen das Bild, welches die Milchstraße dem bloßen Auge bietet, und das natürlich nach Möglichkeit festgelegt werden muß, ehe man sich an das Studium der Einzelheiten gibt und die Bedeutung des Ganzen für den Aufbau der Welt zu ergründen sucht.

Diese Aufgabe konnte erst mit Hilfe der Photographie ernstlich in Angriff genommen werden, und so hat denn in der Tat die Milchstraße in den letzten 25 Jahren manches ihrer Geheimnisse der lichtempfindlichen Platte preisgeben müssen. Was sich bei ihrer Be-

trachtung durch ein großes Fernrohr schon andeutet, erhebt die Photographie zur Gewißheit: die Milchstraße ist nichts anderes als eine Ansammlung von Millionen und Milliarden schwächster Sterne, deren Licht zu einem einzigen nebligen Schimmer zusammenfließt.

Abb. 27 zeigt am linken Rande die merkwürdig geformte helle Milchstraßenpartie zwischen den Sternbildern Schild und Adler, so wie sie dem bloßen Auge erscheint. Vergleichen wir damit Abb. 28,

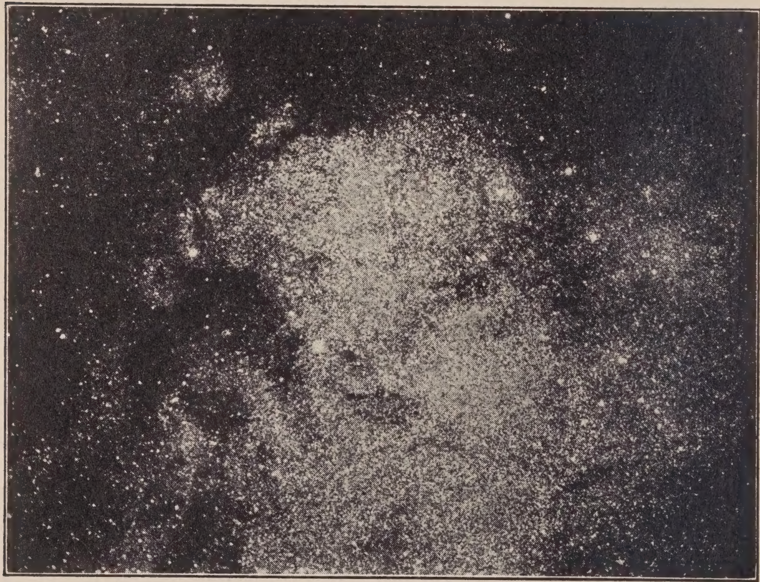


Abb. 28. Sternwolke im Adler nach einer Aufnahme von Barnard am Lick-Observatorium

die eine 4½ Stunden belichtete photographische Aufnahme desselben Gebietes gibt, so wird uns die wahre Natur der Milchstraße mit einem Schlage offenbar. Da blicken wir in ein ganzes Meer von Sternen; so verschwenderisch hat sie die Natur hier ausgestreut. Fast scheinen sie einander zu berühren; in Wahrheit aber trennen Lichtjahre den einen vom andern, nur die ungeheure Entfernung läßt sie so zusammenrücken. Und jedes dieser Lichtpünktchen ist eine Sonne, eine leuchtende Gaskugel, gegen die unser mächtiger Erdball fast verschwindet.

So reiht sich Sternwolke an Sternwolke, bis der große Ring geschlossen; dazwischen ausgedehnte Massen kosmischen Staubes, hier als „Kohlensäcke" die Sterne verdeckend, dort von ihrem Lichte beschienen als helle Nebel aufleuchtend — das ist die Milchstraße.

Aber was bedeutet dieser Ring der Millionen Sonnen? welche Rolle spielt er im Universum?

Bisher haben wir uns vorwiegend mit den einzelnen Himmelskörpern, ihrem Bau und ihrer Entwicklung beschäftigt; nunmehr müssen wir den Blick weiter spannen und die Gesamtheit der Welt zu erfassen suchen, in der jede noch so gigantische Sonne wieder nur ein Stäubchen ist.

Die Erkenntnis, daß die Sterne keinen regellosen Haufen, sondern ein wohlgeordnetes Ganze bilden, wurde uns zum ersten Male beim Studium ihrer Bewegungen, als wir sahen, wie Tausende von Sonnen in gemeinsamem Strom ihre Bahn ziehen. In der Tat bilden all die einzelnen Sterne, die wir am Himmel beobachten, in ihrer Gesamtheit ein großes, geschlossenes System, in seiner Anordnung und seinen Bewegungen beherrscht von der allwaltenden Schwerkraft, die ja im Größten wie im Kleinsten das Bild der Natur formt. Wie aber sieht dieses System aus?

Sicher ist, daß die Milchstraße darin eine wichtige Rolle spielt, und ihre Betrachtung hat denn auch schon frühere Forscher, insbesondere William Herschel, den Begründer der modernen Fixsternastronomie, zu einem Weltbilde geführt, das in seinen Grundzügen noch heute von manchen Astronomen beibehalten wird. Danach bilden die Sterne ein sehr flaches, linsenförmiges System, dessen Durchmesser nach den heutigen Anschauungen etwa 30 000 Lichtjahre betragen dürfte, während die Dicke auf rund 5000 Lichtjahre anzusetzen ist. Unsere Sonne steht gegenwärtig nahe dem Mittelpunkt dieses Systems. Blicken wir nun in Richtung der Ränder unserer Linse, so haben wir ringsum eine sehr schmale, aber 6 mal tiefere Sternschicht vor uns, als wenn wir das Auge auf die gewölbten Seitenflächen richten. Diese schmale tief gestaffelte Sternschicht, die uns in geschlossenem Ring umgibt, ist aber nichts anderes als die Milchstraße. Wir hätten somit die Milchstraße nicht als wirkliche Zusammenballung von Sternen zu betrachten, sondern als rein perspektivische Erscheinung, dadurch verursacht, daß hier die Sterne —

von der Sonne bzw. der Erde aus betrachtet — in 6 mal tieferer Schicht stehen, als an den übrigen Stellen des Himmels.

Indessen stellen sich dieser Anschauung in der hier skizzierten, ursprünglichen Form doch manche Schwierigkeiten entgegen. Vor allem bleiben die großen Gabelungen der Milchstraße unerklärt, ferner müßte die Zunahme der Sternfülle gleichmäßiger erfolgen, als beobachtet wird, und endlich geht aus den photographischen Aufnahmen mit Sicherheit hervor, daß die großen Sternbilder im Adler, im



Abb. 29. Bau der Milchstraße nach Easton

Schwan und anderen Bildern wirkliche Ansammlungen von Sternen sind, nicht eine rein perspektivische Erscheinung.

Deshalb denkt man sich heute das System der Sterne eher als einen losen Verband einer Reihe einzelner Sternwolken, deren jede viele Millionen von Sonnen enthält. Dabei soll es sich auch hier um ein ausgedehntes, aber sehr flaches System handeln. Die Sonne steht wieder im Inneren des Ganzen, und das Bild der Milchstraße würde teils durch die Wirkung der Perspektive, teils durch den Blick auf die wirklichen Sternwolken geformt werden, die uns rings umgeben.

Andere Forscher, insbesondere der Holländer Easton, vertreten die Auffassung, daß die sichtbaren Sterne in Form einer flachen,

mehrarmigen Spirale angeordnet seien. Die Windungen der Spirale, in derem Inneren wir uns die Sonne zu denken haben (Abb. 29), bilden die Milchstraße. Weil die Spirale uns von allen Seiten umgibt, erscheint die Milchstraße als geschlossener Sternenring. Jedoch liegen die Windungen der Spirale nicht alle in derselben ebenen Fläche, sondern einzelne verlaufen etwas oberhalb, andere ein wenig unterhalb dieser Ebene. Infolgedessen bekommen wir von der Sonne aus stellenweise mehrere Windungen zu sehen, nähere und entferntere, und das sind eben die Gegenden, wo die Milchstraße in getrennnte Arme gespalten erscheint. Die Sonne liegt dem Punkte der Spirale am nächsten, wo die Windungen beginnnen. Deshalb erscheint uns hier die Milchstraße am hellsten und deutlichsten; es ist die prächtige Partie im Sternbild des Schwans.

Daß man gerade auf die Spiralform gekommen ist, hat einen ganz bestimmten Grund, der uns später einleuchten wird. Wir wollen jetzt die Unterhaltung über dieses Thema für eine Weile unterbrechen, um eine andere ferne Himmelswelt kennen zu lernen, die erst in unseren Tagen erforscht wurde.

*

16. Die beiden Magellanschen Wolken

Am südlichen Sternhimmel, nicht weit vom Pol, gibt es zwei merkwürdige Gebilde, die sich dem bloßen Auge als längliche, unregelmäßige, schwach leuchtende Wolken darstellen, ähnlich dem helleren Teile der Milchstraße im Schwan und Adler. Magellan bemerkte diese Wolken auf seiner Weltumsegelung und brachte die Kunde davon nach Europa; seitdem tragen sie seinen Namen. Die eine Wolke erscheint im Durchmesser etwa 6 mal, die andere 12 mal so groß wie die Scheibe des Vollmondes. Beide liegen fern von der Milchstraße, die größere im Sternbild des Doradus, die kleinere im Tucan. Noch vor wenigen Jahren schien es fast aussichtslos, die wahre Natur der Magellanschen Wolken ergründen zu wollen, aber dank geistvoll ersonnener und sorgfältig durchgeführter Methoden ist es nun doch mit Hilfe der Photographie gelungen, den Schleier ein wenig zu lüften und einen Einblick in den Bau dieser Welten zu tun.

Photographische Aufnahmen erweisen die beiden Wolken als gewaltige Ansammlungen von vielen Hunderttausenden von Sternen, zahlreichen Sternhaufen und leuchtenden Nebeln, wie sie sonst nur in der Milchstraße vorkommen, von den kleinen rundlichen, planetarischen Nebeln bis zu jenen chaotischen Massen leuchtender Gase von der Art des großen Orionnebels oder des Amerikanebels im Schwan (Abb. 30).

Die erste Aufgabe, die uns beim Studium der Magellanschen Wolken entgegentritt, ist die Bestimmung ihrer Entfernungen. Eine unmittelbare Messung der Parallaxe — die gewöhnliche Methode, wie wir sie im 4. Kapitel kennen lernten — ist bei den großen Entfernungen, mit denen wir hier rechnen müssen, von vornherein unmöglich. Indessen haben wir schon bei der Betrachtung der kugelförmigen Sternhaufen in den veränderlichen Sternen der Delta Cephei-Klasse ein Mittel gefunden, Entfernungen, wenn nicht direkt zu messen, so doch mit beträchtlicher Genauigkeit abzuschätzen. Es

zeigte sich nämlich, daß die Helligkeit sich bei diesen Sternen um so langsamer ändert, je größer ihre wahre Leuchtkraft ist; aus dem mehr oder weniger raschen Verlauf der Lichtänderungen konnten wir somit die Leuchtkraft eines solchen Sternes erschließen. Glücklicherweise gibt es nun auch in den Magellanschen Wolken zahlreiche Veränderliche

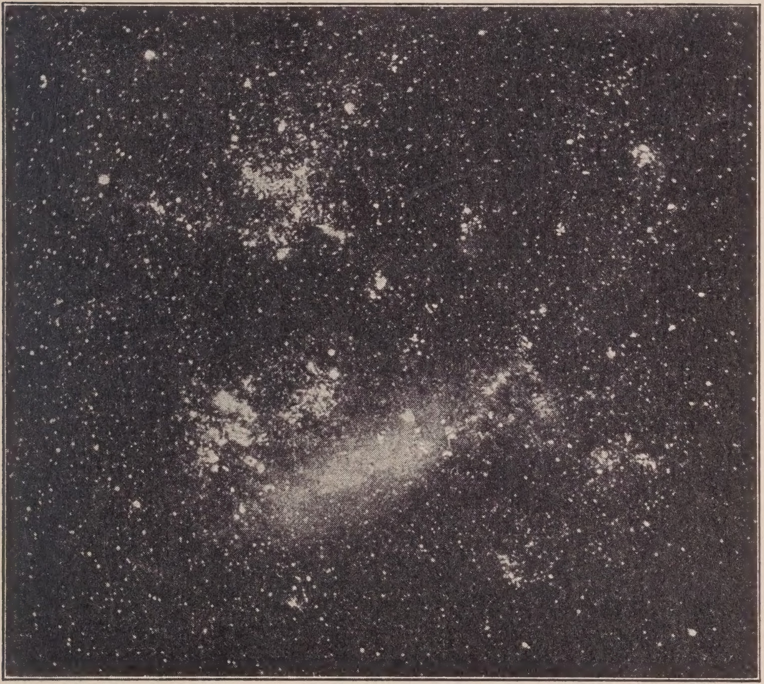


Abb. 30. Die große Magellansche Wolke

dieser Art, deren Lichtwechsel auf der Harvard-Sternwarte an Hand vieler photographischer Aufnahmen genau untersucht worden ist. So ergab sich z. B. auf Grund der eben erwähnten Regel, daß 31 Veränderliche der kleinen Wolke im Durchschnitt eine Leuchtkraft vom 650fachen der Sonnenhelligkeit entwickeln. Trotzdem erscheinen sie uns als äußerst schwache Sterne 16. Größe. Wie weit müssen sie also entfernt sein, um zu solch schwachen Lichtpunkten zu werden? Das läßt sich genau berechnen, da wir das physikalische Gesetz

kennen, nach dem die Helligkeit eines Lichtes mit wachsender Entfernung abnimmt; die Antwort lautet: 102 000 Lichtjahre. Diese ungeheure Entfernung mußten die Lichtstrahlen durcheilen, ehe sie uns Kunde von der Sternwolke im Tucan bringen konnten. Die große Magellansche Wolke ist mit 112 000 Lichtjahren sogar noch etwas weiter entfernt als ihre Schwesterwelt, und zwischen beiden liegt eine Strecke von 40 000 Lichtjahren.

Kennen wir erst die Entfernungen, so läßt sich leicht berechnen, wie groß die wahren Durchmesser unserer Wolken sein müssen, damit sie uns in der eingangs angegebenen Größe erscheinen können. Da offenbaren sie sich als Weltsysteme von wahrhaft gigantischen Ausmaßen: 6500 Lichtjahre mißt die kleine Wolke, mehr als 14 000 — das 20 fache unserer Entfernung vom Orionnebel — die große!

Die Magellanschen Wolken sind reich an Sternhaufen, offenen wie kugelförmigen, Nebeln, O-Sternen, Veränderlichen und anderen Gattungen merkwürdiger Himmelskörper. Darunter befinden sich solche von ungeheuren Dimensionen und Leuchtkräften, deren Entdeckung unsere Vorstellungen über die Entwicklungsmöglichkeiten von Sternen und Nebeln bedeutend erweitert hat. So erkennen wir z. B. in der kleinen Wolke nach den Untersuchungen des amerikanischen Astronomen H. Shapley allein 300 Sterne, die 50 000 mal mehr Licht aussenden als unsere Sonne. Daß solche Welten zu kleinsten Lichtpunkten zusammenschrumpfen, gibt uns eine anschauliche Vorstellung von der unermeßlichen Entfernung der Wolke. Alle andern übertrifft jedoch der Stern S Doradus in der großen Wolke. Er ist annähernd eine halbe Million mal heller als die Sonne. Da dieser Stern als junger roter Gigant — wir erinnern uns an die früher besprochenen Gesetze der Sternentwicklung — nicht sehr heiß sein kann, muß er einen desto größeren Umfang besitzen, um eine solche Leuchtkraft entwickeln zu können. Die Rechnung ergibt denn auch, daß der Durchmesser des Sternes rund 1 Milliarde Kilometer mißt; gegen 1,3 Millionen Kilometer des Durchmessers der Sonne. Denken wir uns die Sonne in den Mittelpunkt von S Doradus versetzt, so würde diese gigantische Gaskugel mit ihren äußersten Grenzen fast bis an die Bahn des Planeten Jupiter reichen; die Planeten Merkur, Venus, Erde und Mars müßten tief im Inneren des Sterns ihren Umlauf vollenden.

Unter den leuchtenden Nebeln der beiden Wolken sind viele heller

und größer als der gewaltige Orionnebel. Eine ungeheure, chaotische Gasmasse ist der Nebel 30 Doradus in der großen Magellanschen Wolke. Ihr Durchmesser beträgt rund 130 Lichtjahre, und wenn wir sie uns an die Stelle des Orionnebels versetzt denken, würde sie das ganze ausgedehnte Feld zwischen den Hauptsternen der Figur des Orion mit so starkem Leuchten erfüllen, daß auf Erden alle Gegenstände in ihrem Lichte starke Schatten werfen würden. —

Aus Messungen der Linienverschiebungen im Spektrum dieses Nebels und anderer, die mit den Magellanschen Wolken verbunden sind, hat man gefunden, daß die beiden Wolken sich als Ganzes mit großer Geschwindigkeit durch den Raum bewegen; die große Wolke legt in jeder Sekunde 276 Kilometer, die kleine 170 Kilometer zurück, wobei sie sich von der Sonne und vom Gürtel der Milchstraße immer weiter entfernen. Haben sich die Wolken stets mit dieser Geschwindigkeit und in derselben Richtung bewegt, so mußten sie sich vor etwa 190 Millionen Jahren in der Milchstraße befinden und in allem den Sternwolken im Schwan, im Adler, im Schützen und anderen gleichen, die wir heute dort beobachten. Auf Erden herrschte damals das Paläozoikum, jenes Zeitalter, aus dem wir die ersten sicheren Spuren des Lebens besitzen, einer fremden, seltsamen Tier- und Pflanzenwelt. Was mag aus unserem Erdball nach abermals 190 Millionen Jahren geworden sein, wenn die Magellanschen Wolken vielleicht längst in den Tiefen des Raumes verschwunden sind? —

So lüftet sich denn zum Schluß ein wenig das Geheimnis der Magellanschen Wolken. Sie haben wohl in fernen, entlegenen Tagen einmal der Milchstraße angehört, so wie heute noch die Wolken im Schwan und Adler mit ihren leuchtenden Nebeln und Millionen von Sternen. Dann aber trennten sie sich auf immer von ihr. Hier wird wieder die früher schon angedeutete Vorstellung lebendig, daß die Milchstraße ein Verband von einzelnen, in sich abgeschlossenen Sternwolken sei, die zusammen ein weit ausgedehntes, aber flaches System bilden.

Sind wir damit der Wahrheit nahe?

*

17. Unser Sternsystem

Den Bau des Universums zu erforschen ist eine der schwierigsten Aufgaben, vor die sich die Astronomie je gestellt sah. Es hat allein jahrzehntelanger Anspannung aller Kräfte bedurft, um die notwendigsten Beobachtungsdaten zu sammeln, insbesondere die Bewegungen, die Spektra und Helligkeiten genügend vieler Sterne zu studieren, und erst in den letzten Jahren konnte man einen Versuch wagen, alle diese Daten zu einem geschlossenen Weltbilde zu verarbeiten.

Diese Untersuchungen knüpfen sich vor allem an die Namen zweier Astronomen, des Holländers J. C. Kapteyn und des Amerikaners Harlow Shapley. Beide suchten auf verschiedenen Wegen ihr Ziel zu erreichen; indessen lassen sich auch die Ergebnisse, zu denen sie schließlich gelangten, noch nicht in allen Punkten miteinander vereinbaren. Deshalb handelt es sich in der Tat zunächst nur um Weltbilder, und erst die Zukunft wird entscheiden, welches dieser Bilder die Züge der Wirklichkeit getreuer wiedergibt.

Die Grundanschauungen beider Forscher sind schon im Kapitel über die Milchstraße andeutungsweise zur Sprache gekommen; hier wollen wir sie uns noch einmal im Zusammenhang vor Augen führen.

Das Bild nach Kapteyn.

Der holländische Forscher denkt sich den ganzen von Sternen erfüllten Raum in eine Anzahl gleicher Teile zerlegt, etwa in Würfel von 30 Lichtjahren Kantenlänge. Nach Überwindung vieler Schwierigkeiten war es ihm gelungen, eine Formel aufzustellen, mittels deren er berechnen konnte, wieviel Sterne sich in jedem dieser Würfel befinden. Dabei stellte sich heraus, daß in der näheren Umgebung der Sonne auf einen solchen Raumwürfel viel mehr Sterne kommen als in größerer Entfernung von ihr. Die Sonne steht also dort, wo die Sterne am dichtesten gesät sind. Durcheilen wir, von der Sonne aus-

gehend, in irgendeiner Richtung den Weltraum, so treffen wir zunächst ziemlich oft auf andere Sonnen, dann aber immer seltener, je weiter wir uns von der eigenen Sonne entfernen, bis wir schließlich die Grenze des Sternsystems erreicht haben, nahe dessen Mittelpunkte sich also unser kleines Sonnensystem befindet. Wie sieht dieses Sternsystem aus? Nehmen wir an, im Zentrum des Systems, dort, wo die Sonne steht, kommen auf einen bestimmten Raumteil 100 Sterne. Wandern wir nun von hier aus in Richtung auf die Milchstraße, so müssen wir 26000 Lichtjahre zurücklegen, um an eine Stelle zu kommen, wo ein gleich großer Raumteil nur noch einen Stern enthält. Damit ist ungefähr die Grenze des Systems erreicht. Wenden wir uns aber von der Sonne aus nicht gegen die Milchstraße, sondern in die beiden Richtungen senkrecht zu ihr, so erreichen wir schon nach 5500 Lichtjahren Gegenden, wo auf den erwähnten

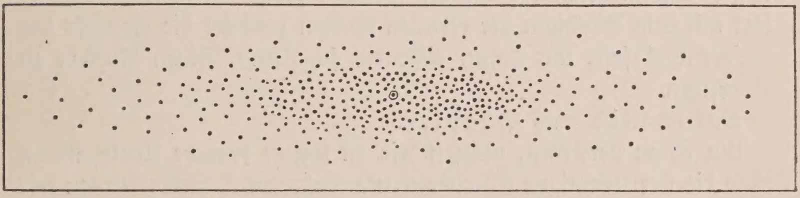


Abb. 31. Das Weltbild Kapteyns (schematisch)

Raumteil nur ein Stern kommt. In diesen Richtungen ist also das System bei weitem nicht so ausgedehnt wie gegen die Milchstraße hin; es bildet eine starke abgeplattete, linsenförmige Figur (Abb. 31). Innerhalb dieser Grenzen enthält das System schätzungsweise 47 Milliarden Sterne.

Ein so gewaltiger Organismus, der beständig durch ungeheure Gravitationskräfte unter Spannung gehalten wird, kann nicht in träger Ruhe sein. Vielmehr müssen wir annehmen, daß das ganze System sich dreht, und zwar um seinen kleinsten Durchmesser als Achse. Außerdem aber bewegen sich die einzelnen Sterne jeder für sich in allen Richtungen durch das System, und endlich kommt noch die Erscheinung der beiden einander durchdringenden Sternströme hinzu, so daß sich die Bewegungen der Sterne im einzelnen recht verwickelt gestalten.

Die Gravitation, die Anziehungskraft der Gesamtheit aller Sterne

in ihrer Wirkung auf jeden einzelnen von ihnen hält das System zusammen. Nur sehr schnell bewegte Sterne, die mit großer Wucht durch den Raum eilen, können sich diesem Zwange entziehen und das System verlassen. Die Rechnung zeigt, daß hierzu eine Geschwindigkeit von mindestens 98 Kilometer in der Sekunde notwendig ist. Solcher Sterne kennen wir schon eine ganze Anzahl; sie alle werden dem System schließlich verlorengehen. —

Das ist in großen Zügen Kapteyns Weltbild. Es berücksichtigt, wie wir sehen, nur die einzelnen Sterne; die Sternhaufen, die leuchtenden Nebel und die großen Milchstraßenwolken wurden mit Absicht ausgeschlossen und ihre Stellung im ganzen bleibt zunächst ungeklärt. Dagegen ruht in dem Bilde, das Shapley uns entwirft, gerade auf diesen Objekten das Hauptgewicht. Der amerikanische Forscher beginnt seine Untersuchungen nicht, wie Kapteyn, im Zentrum des Systems, um in Richtung auf die Grenzen fortzuschreiten, sondern er legt mit dem Studium der fernsten Welten zunächst die Grenzen des Universums fest, um dann, einwärts schreitend, seinen Aufbau zu erforschen.

Das Weltbild nach Shapley.

Um es zu verstehen, müssen wir an unsere frühere Unterhaltung über die kugelförmigen Sternhaufen anknüpfen. Damals lernten wir diese Sternhaufen als eigene Weltsysteme kennen, die sich in ungeheuren Entfernungen von der Sonne befinden. Hätte unser Sternsystem die von Kapteyn angenommene Ausdehnung, so würden sie weit außerhalb seiner Grenzen liegen und nichts mit ihm zu tun haben. Dem widerspricht aber die schon mehrfach erwähnte Tatsache, daß die Kugelsternhaufen in ihrer räumlichen Anordnung eine ausgesprochene Beziehung zur Milchstraße verraten. Es gibt ihrer zwei scharf getrennte Gruppen, die eine nördlich, die andere südlich der Milchstraße; beide Gruppen bewegen sich mit großer Geschwindigkeit in Richtung auf dieses leuchtende Sternenband; in der Milchstraße selbst trifft man jedoch keinen einzigen Kugelhaufen an; vermutlich weil sie sich auflösen, sobald sie ihr nahe gekommen. Shapley schließt aus diesen Gründen, daß Milchstraße und Kugelsternhaufen zusammengehören und ein großes Universum bilden. Dieses Sternsystem muß dann aber auch so ausgedehnt sein, daß selbst die fernsten Kugelhaufen noch Platz darin haben, also außerordentlich viel weiter als Kapteyns Universum. Shapleys Untersuchungen ergaben

nun, daß die Kugelsternhaufen in einem abgeplatteten, linsenförmigen System angeordnet sind, dessen größter Durchmesser ungefähr 325 000 Lichtjahre beträgt. In der Mittelebene des Systems, da, wo die Linse ihre größte Ausdehnung hat, liegt als kreisförmige, etwa 10 000 Lichtjahre dicke Schicht die Milchstraße, die ihrerseits ganz frei von Kugelhaufen ist (Abb. 32). In dieser schmalen Schicht sammeln sich in ungeordnetem Durcheinander alle übrigen Weltkörper: leuchtende Nebel, die großen Sternwolken, einander begegnende und durchdringende offene Sternhaufen, einzelne Sterne verschiedenster Typen, die sich von ihren Gruppen getrennt haben usw. All dies zusammen erscheint von einem Punkte tief im Inneren der schmalen Schicht, also etwa von der Erde aus, die sich als Begleiter der Sonne auch dort be-

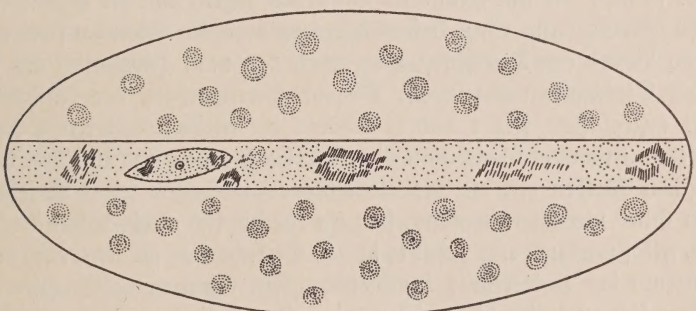


Abb. 32. Das Weltbild Shapleys (schematisch), links die Sonne im lokalen Sternhaufen

findet, als das uns wohlbekannte, mattschimmernde Band der Milchstraße. Tritt man nach oben oder unten aus der Milchstraßenschicht heraus, so trifft man auf die kugelförmigen Sternhaufen, die in spärlicher Verteilung den ganzen übrigen Raum der Linse erfüllen.

Es bleibt uns noch die Aufgabe, die Stellung der Sonne in diesem großen Universum genauer zu bestimmen. Befände sie sich, wie im Kapteynschen System, nahe dem Zentrum, so müßten wir die Kugelsternhaufen gleichmäßig über den Himmel verteilt finden. Das ist aber durchaus nicht der Fall; sie drängen sich vielmehr zum größten Teile in den Sternbildern Skorpion und Schütze zusammen, während man am entgegengesetzten Punkt des Himmels kaum einen findet. Ein Beispiel wird uns klar machen, was dies zu bedeuten hat. Befinden wir uns tief im Inneren eines Waldes, so stehen die Bäume

in allen Richtungen gleichmäßig dicht; haben wir dagegen unseren Standort am Waldesrande, so erblicken wir zwar in Richtung zur Mitte des Waldes zahlreiche, dicht sich drängende Bäume, in der entgegengesetzten Richtung, die nach draußen führt, dagegen nur wenige. Auf unseren Fall angewandt, will dies Beispiel offenbar sagen, daß die Sonne dem Rande des Systems verhältnismäßig nahe ist. Das Zentrum dürfen wir in der Richtung vermuten, wo sich scheinbar die meisten kugelförmigen Sternhaufen zusammendrängen, also in Richtung auf die Sternwolken im Schützen und Skorpion, und zwar, wie die Rechnungen ergeben haben, fast 65000 Lichtjahre von der Sonne entfernt.

Wie sieht es nun in der unmittelbaren Umgebung der Sonne aus? Hier können wir mit ziemlicher Sicherheit sagen, daß die Sonne sich nahe dem Zentrum eines kleineren untergeordneten Sternhaufens von 6500 Lichtjahren Durchmesser befindet, den man gewöhnlich als lokales Sternsystem bezeichnet. Diesem Sternhaufen, der seinerseits eine abgeplattete Figur bildet, gehören die meisten helleren Sterne unseres Himmels sowie auch viele der leuchtenden und dunklen kosmischen Wolken an, die wir beobachten. Die Sonne selbst ist jedoch kein Glied des Sternhaufens, sondern ein für sich allein dahineilender sog. Feldstern, und nur zufällig in den Sternhaufen geraten, der, vom Zentrum des Universums kommend, dessen Grenzen zueilt. Hier eröffnet sich auch eine Möglichkeit, die beiden früher erwähnten, einander durchdringenden Sternströme zu erklären; den einen Strom bilden eben die Sterne des lokalen Systems, den anderen die Feldsterne, unter denen sich auch die Sonne befindet. —

So liegt nun auch der Plan des größeren Universums, wie Shapley es sieht, vor uns ausgebreitet. Gibt es irgendeine Möglichkeit, das Weltbild Kapteyns damit zu verbinden? Auf den ersten Blick, ja. Sie scheint darin zu bestehen, daß wir Kapteyns System dem lokalen Sternhaufen gleichsetzen. Aber dieser mißt nur 6500 Lichtjahre, jenes dagegen deren 26000. Auch sonst ergeben sich noch Schwierigkeiten, so daß eine solche Gleichsetzung vorderhand nicht zulässig erscheint. —

Noch ist es uns nicht gelungen, den letzten der Schleier abzuheben, die uns den Bau der Welt verhüllen. Aber schon schimmern die Umrisse des gewaltigen Werkes hindurch, und die Erkenntnis der ganzen Wirklichkeit dürfen wir als Geschenk einer nicht zu fernen Zukunft erhoffen.

18. Weltinseln

Noch eine letzte Frage bleibt uns offen. Ist unser Weltsystem, mag es nun Kapteyns oder Shapleys Konzeptionen entsprechen, das einzige, oder gibt es in den Tiefen des Raumes noch andere Systeme, jedes wieder nur ein Baustein des wirklichen, allumfassenden Universums?

In der Tat kennen wir eine rätselhafte Klasse von Weltkörpern, für die man selbst in dem ausgedehnten Shapleyschen System vergebens einen Platz sucht. Ihnen sei das Schlußstündchen unserer Unterhaltungen gewidmet.

Wenn wir in klarer dunkler Nacht das Sternbild der Andromeda mustern, gleitet unser Blick wohl auch über ein blasses Lichtwölkchen nahe dem Stern ν. Es ist der berühmte Andromedanebel, lange Zeit ein Rätsel für den beobachtenden Astronomen, bis uns die Himmelsphotographie seine wahre Gestalt enthüllte. Er hat die Form einer mächtigen Spirale, so gelagert, daß wir schräg von oben auf ihre Windungen sehen (Abb. 33), und bedeckt eine Fläche von der vierfachen Ausdehnung der Vollmondscheibe. Die Spiralarme, die zahlreiche Knoten und sternartige Verdichtungen aufweisen, entspringen einem hellen, nebligen Kern, den sie rings umgeben.

Was sollen wir von diesem merkwürdigen Gebilde halten? Ist es wirklich ein Nebel, eine Ansammlung leuchtender Gasmassen wie der große, formlose Orionnebel und seine Verwandten? Eine Antwort auf diese Frage ließ sich erst geben, als man in dem lichtstarken modernen Spektrographen ein Hilfsmittel gefunden hatte, das Licht des Andromedanebels genauer zu untersuchen. Und siehe da, das Spektrum des Nebels zeigte nicht eine Reihe getrennter heller Linien, wie man es von einer leuchtenden Gaswolke hätte erwarten sollen, sondern erwies sich als vollkommen identisch mit dem Spektrum eines Fixsternes; es enthielt dunkle Linien auf hellem, farbigem Grund. Aus dieser Entdeckung dürfen wir schließen, daß der Andromedanebel



Abb. 33. Spiralnebel im Sternbild der Andromeda

in Wirklichkeit eben kein Nebel ist, sondern eine Ansammlung von ungeheuer vielen Sternen, deren Licht infolge ihrer großen Entfernung zu einem einzigen nebligen Schimmer zusammenfließt.

Wenn es uns nun noch gelänge, diese Entfernung zu bestimmen, könnten wir uns schon eine gute Vorstellung von der Natur des seltsamen Sternennebels bilden. Ältere Versuche in dieser Richtung schlugen fehl; sie ergaben eine viel zu kleine Distanz der Spirale. Die

einzige Hoffnung blieb, daß es einmal mit Hilfe einer Abschätzungsmethode gelingen würde, zum Ziele zu kommen. Aber wie?

Da meldete im Frühjahr 1925 das Mt.-Wilson-Observatorium, man habe auf Photographien mit dem gewaltigen Hooker-Teleskop, dessen Hohlspiegel nicht weniger als 2,50 Meter im Durchmesser hält, im Andromedanebel zahlreiche Veränderliche vom Delta Cephei-Typus entdeckt. Nun wissen wir schon aus unseren Unterhaltungen über die kugelförmigen Sternhaufen und die Magellanschen Wolken, daß man aus dem Lichtwechsel dieser Veränderlichen ihre wahre Helligkeit und auf Grund dieser durch Vergleichung mit der scheinbaren Helligkeit ihre Entfernung berechnen kann. Die Entfernung der Veränderlichen gibt aber ohne weiteres die der Spirale, der sie ja angehören. Unsere Hoffnung ist somit erfüllt, wir haben das Mittel, den Abstand des Andromedanebels zu bestimmen, in der Hand.

Und das Ergebnis? Es übertrifft selbst die kühnsten Erwartungen, läßt alles hinter sich, was wir von den Kugelsternhaufen, der Magellanschen Wolken her an kosmischen Entfernungen gewohnt sind; nicht weniger als 950 000 Lichtjahre trennen uns von jener Weltspirale in der Andromeda, und ihr wahrer Durchmesser beträgt 48 000 Lichtjahre!

Gleichzeitig berichten die amerikanischen Astronomen, daß ihre Photographien die nebligen Spiralwindungen zum ersten Male in Millionen von einzelnen Sternen aufgelöst zeigen, womit der Andromedanebel endgültig als wirkliches Sternsystem erwiesen ist. Seine ungeheure Entfernung stellt es ganz außerhalb der Grenzen unseres eigenen Sternsystems, und auf die Frage, mit der wir dieses Kapitel einleiteten, scheint die sichere Antwort gefunden: ja es gibt noch andere Weltsysteme, die dem unsrigen gleichgeordnet sind, und der Andromedanebel ist eines von ihnen, eine Weltinsel wie unsere.

Auch die Größenverhältnisse stimmen gut, wenigstens wenn wir Kapteyns Auffassung zugrundelegen. Unser System hat nach Kapteyn, wie wir uns erinnern wollen, einen Durchmesser von rund 50 000 Lichtjahren, und nahe ebenso groß ist der Andromedanebel. Anders dagegen, wenn wir uns Shapleys Weltbild anschließen. Darin mißt unser eigenes System zwischen den äußersten Grenzen über 300 000 Lichtjahre, also sechsmal so viel als das Andromedasystem. In diesem Falle müßten wir entweder unsere eigene Sternenwelt als besonders großes und überragendes System betrachten oder uns zu

dem Eingeständnis entschließen, daß Shapley — wie ihm auch manche Astronomen vorwerfen —, auf unsicheren Voraussetzungen fußend, die Grenzen unseres Systems viel zu weit gesteckt habe. Erinnern wir uns aber, wie Shapley diese Grenzen bestimmte! Aus den Entfernungen, die er mit Hilfe der Delta Cephei-Sterne für die äußersten Glieder des Systems, die kugelförmigen Sternhaufen, berechnet hatte. Wenn diese Berechnungen nun nicht stimmen, so wird auch die oben angegebene Entfernung und Größe des Andromedanebels hinfällig, die ja, wie erwähnt, ebenfalls auf der Beobachtung der Delta Cephei-Sterne beruht.

Es wäre ein Leichtes gewesen, diese Überlegungen zu unterschlagen und meine Zuhörer durch kritiklose Mitteilung großer Zahlen in Begeisterung zu versetzen; aber es schien mir wichtiger, ihnen einen Begriff zu geben, wie in der Wissenschaft gearbeitet wird, welche Probleme, Zweifel, Schwierigkeiten zu überwinden sind, ehe uns die Wahrheit klar und von aller Ungewißheit befreit aufleuchtet.

Indessen liegen die Dinge doch so, daß wir den Andromedanebel kaum anders als eine selbständige Weltinsel betrachten können. Dafür spricht noch ein anderer, sehr merkwürdiger Umstand. Im Jahre 1885 erschien nämlich im Nebel ein neuer Stern 7. Größe, der ein ganz ähnliches Verhalten zeigte wie die uns bekannten Novae der Milchstraße. Aber diese Nova blieb nicht die einzige. Seitdem der Himmel dauernd unter photographischer Kontrolle gehalten wird, entdeckte man in der Spirale einen neuen Stern nach dem andern, und bis heute sind deren nicht weniger als 46 aufgeleuchtet. Sie wurden zwar nicht so hell wie die neuen Sterne in der Milchstraße, dafür ist das Andromedasystem zu weit entfernt. Manche dieser Novae erreichten nur die Helligkeit eines Sternes 17. oder 18. Größe, aber der Ablauf der Erscheinungen ließ keinen Zweifel darüber, daß man es mit einer wirklichen Nova zu tun hatte von der Art, wie wir sie im 12. Kapitel besprochen haben. Wenn nun ein so merkwürdiger Vorgang wie das Erscheinen eines neuen Sternes sich in gleicher Weise in unserem eigenen Sternsystem und in dem der Andromedaspirale abspielt, so dürfen wir wohl auf eine gewisse Verwandtschaft im Aufbau und weiterhin auf eine Gleichberechtigung beider Systeme als selbständige Weltinseln schließen. Damit wird zugleich der Gedanke lebendig, daß wir im Andromedanebel ein getreues Abbild unseres Sternsystems vor uns haben, und nun gewinnen wir auch das rich-

tige Verständnis für die weiter oben besprochene Anschauung mancher Forscher, daß unser eigenes Weltsystem in Form einer gewaltigen Spirale von Sonnen und Nebeln gebaut sei. —

Ist der Andromedanebel eine Weltinsel, so wächst die Größe des Universums über alle Maße hinaus. Denn wir kennen nicht nur diesen einen Spiralnebel, sondern ihrer Hunderte und Tausende. Der Andromedanebel aber ist der nächste und erscheint uns deshalb als größter von allen. Bei manchen blicken wir senkrecht auf die Fläche der Spirale, bei anderen gerade gegen die Kante, so daß sie fast wie Spindeln aussehen. Je weiter sie entfernt sind, um so kleiner erscheinen sie, obwohl sie in Wirklichkeit alle gleich groß sein mögen. Schließlich schrumpfen sie zu winzigen Lichtpunkten zusammen, die sich nur mit Mühe von einem gewöhnlichen Stern unterscheiden lassen. —

Ruhen wir hier ein wenig aus. Ein kleines Scheibchen auf der photographischen Platte; laßt es uns mit dem Fernrohr am Himmel aufsuchen! Dort steht es, in bleichem, ruhigem Glanze, ein Stern unter Sternen. Nun seien uns Flügel gegeben, die uns mit der Geschwindigkeit des Lichtstrahles in die Tiefen des Raumes tragen. Richten wir den Flug auf jenes Lichtscheibchen! Im Augenblick liegt die Erde weit hinter uns, nach 8 Minuten ist die Sonne erreicht, nach kaum 4 Stunden sind wir schon an den Grenzen ihres Reiches, beim Planeten Neptun. Und nun kommt eine lange Fahrt. Jahr um Jahr vergeht. Immer neue Sterne werden uns zu strahlenden Sonnen, indes der Feuerball unserer eigenen Sonne längst zu einem blinkenden Sternchen geworden, das unter Millionen anderen verschwindet. Gewaltige Doppelsonnen, Sternhaufen, leuchtende Nebel fliegen uns entgegen und versinken wieder. Endlich sind wir an den Grenzen unseres Sternsystems. Noch einige Außenseiter, und dann gähnt uns auf unendliche Strecken öder, leerer Raum entgegen. Und immer noch steht das Ziel als kleines blasses Lichtscheibchen vor uns. Millionen Jahre vergehen. Unsere eigene Welt, die wir einst verlassen, ist schon längst zum kleinen Nebelfleck geworden. Abermals Millionen Jahre und dann nochmal. Allmählich beginnt unser Lichtscheibchen zu wachsen, und während die Zeit endlos dahinrinnt, wird es größer und größer, schon erkennen wir einzelne Sterne darin, schon bedeckt es den Himmel vor uns, und endlich sind wir an seinen Grenzen angelangt, an den Grenzen eines gewaltigen Sternsystems. Und andere

Sonnen, Nebel und Sternhaufen tauchen auf, unsere eigene Welt aber, ein Reich von Milliarden Sonnen, grüßt uns als kleines, blasses Lichtscheibchen aus unendlichen Fernen. —

Das ist die Welt. —

Wir haben unserer Betrachtung der Spiralnebel nur noch weniges hinzuzufügen. Soweit die Messungen reichen, bewegen sich diese Systeme mit einer außerordentlichen Geschwindigkeit durch den Weltraum. Im Durchschnitt legen sie in jeder Sekunde 600 Kilometer zurück; bei einem von ihnen wurde gar eine Geschwindigkeit von 1800 Kilometer pro Sekunde festgestellt.

Neuerdings hat man noch gefunden, daß die Spiralnebel sich um ihre Achse drehen, während gleichzeitig ein Wandern der oben erwähnten sternartigen Knoten vom Kern der Spirale durch die Windungen nach auswärts stattzufinden scheint. Doch bedarf diese letzte Wahrnehmung noch anderweitiger Bestätigung.

*

19. Schlußbetrachtung

Wir stehen am Ende unserer Wanderung, die uns in raschen Schritten durch das weite Gebiet der Stellarastronomie geführt hat. Ein Blick in den Raum, und grenzenlos sahen wir Stern an Stern sich reihen, zum Bau des Universums; ein Blick in die Zeit, und die Lebensgeschichte der Sonnen entrollte sich unserem Auge. —

Vieles von dem, was wir gesehen, wenn nicht das meiste, ist eine Frucht der wissenschaftlichen Arbeit unseres Jahrhunderts. Erst die letzten Jahrzehnte haben uns die großen Datensammlungen gebracht, die Sternkataloge der photographischen Himmelskarte und der Astronomischen Gesellschaft, den Henry Draper-Katalog der Sternspektren, die photometrischen Durchmusterungen von Potsdam und Harvard, die Kapteynschen Eichfelder und anderes mehr, dank denen wir heute für Tausende von Sternen die Entfernungen und Bewegungen, für Zehntausende die genauen Helligkeiten, für Hunderttausende die Orte und Spektra kennen.

Aber die Vermehrung der Daten allein genügt uns nicht; sie bedeutet an sich noch keine Vertiefung unserer Einsicht in den Bau der Welt, ebensowenig wie uns das Wesen einer Maschine ohne weiteres klarer wird, wenn wir genau wissen, aus wie vielen und welcher Art von Einzelteilen sie besteht. Als Krönung und eigentliches Prinzip wissenschaftlicher Forschung muß vielmehr die Kombination dieser Daten nach immer neuen Gesichtspunkten hinzukommen. Und gerade darin liegt vielleicht heute der Schwerpunkt der Astronomie. Die Messung großer kosmischer Entfernungen auf Grund des Lichtwechsels der Delta Cephei-Veränderlichen, die Erkenntnis, daß der Lebenslauf eines Sternes sich in einer aufsteigenden Entwicklungslinie unter wachsender Dichte und gleichbleibender Helligkeit und einer absteigenden Linie unter gleich bleibender Dichte und abnehmender Helligkeit

vollzieht, sind Beispiele dafür, wie durch neuartige Kombination bekannter Daten neue Einblicke in den Bau der Welt eröffnet werden können. —

Man hört oft die Frage stellen, wozu denn die Astronomie überhaupt nütze sei, und als Antwort wird auf ihre praktische Bedeutung für die Zeitregelung, das Kalenderwesen und die Ortsbestimmung auf See hingewiesen. Aber es ist leicht einzusehen, daß alle diese Aufgaben nicht den hundertsten Teil von dem rechtfertigen, was an Geistesarbeit und Geldmitteln auf die Erforschung des Himmels verwandt wird. Ginge es nur darum, so könnte es uns ganz gleichgültig sein, ob es Veränderliche, Doppelsterne und Spiralnebel gibt, wie die Sterne sich entwickeln und im Raume angeordnet sind. Die einzige Rechtfertigung unserer Wissenschaft ist vielmehr das Kausalbedürfnis unseres Verstandes; wir können eben nicht leben, ohne die Fragen Was? Wie? und Warum? an die Außenwelt zu stellen und uns aus ihren Erscheinungen gewisse, wenn auch noch so primitive, ursächlich begründete Vorstellungen über sie zu bilden. Und die Klärung und Vertiefung dieser Vorstellungen, ihre Ausweitung zu unserem gegenwärtigen, umfassenden Weltbilde hat sich mit innerer Notwendigkeit aus der Gesamtentwicklung unserer Kultur ergeben. Als die erste Erdumsegelung gelungen war, ließ sich eben an der Kugelgestalt unseres Planeten nicht mehr zweifeln; nachdem das Fernrohr erfunden war, ergab sich seine Anwendung auf den Himmel von selbst, und so könnte man noch manche Beispiele anführen. Es wäre heute, in unserer hochentwickelten Zivilisation, ganz unmöglich zu glauben, die Planeten würden von Engeln bewegt, oder die Milchstraße sei die Fuge, längs deren die beiden Hälften der Himmelskugel aneinandergeheftet seien. Denken wir uns für einen Augenblick die moderne Himmelsforschung mit all ihren Ergebnissen als nicht vorhanden, so würde man sofort ein dringendes Bedürfnis danach empfinden und sie ins Leben rufen. —

Unter dem Sterngefunkel des nächtlichen Himmels haben wir unsere astronomischen Betrachtungen begonnen, so mögen sie dort auch ihren Abschluß finden. —

Wieder ist der Winter ins Land gekommen und hat die zackigen Gipfel der Abruzzen, die aus der Ferne zur Sternwarte auf dem vatikanischen Hügel herübergrüßen, in blendend weißen Schnee gekleidet. Jetzt, da ich die letzten Zeilen dieses Büchleins niederschreibe, gießt die

untergehende Sonne ihr Licht aus, und rotgolden leuchtet das Gebirge in langer Kette auf. Bald wird es Nacht sein, und dann beginnt die Arbeit am Fernrohr. Noch ist der Abendstern dort im Westen, die strahlende Venus, das einzige Licht am Himmel. Aber nicht lange, da blitzen überall die Sterne auf, und endlich, nachdem es vollends dunkel geworden, sehen wir im Osten das glänzende Bild des Orion emporsteigen, den Künder des Winters. Und während wir uns an dem Funkeln und Glitzern seiner Sterne erfreuen, ersteht von unserm Geiste das Bild einer mächtigen Sonne, die, auf dem Höhepunkte ihres Lebens, mit unerhörter Kraft Ströme von Licht und Wärme in den Raum hinaussendet, 20 000 mal stärker als unsere eigene Sonne. Aber um 520 Lichtjahre von uns gerückt, wird sie zu einem kleinen, blendenweißen Lichtpunkt: Stern β im Orion. Da ist eine andere Sonne, noch in der Frühzeit ihres Lebens. Ein ungeheurer Gasball, der unsere Sonne 80 Millionen mal in sich fassen könnte. Die Entfernung von 190 Lichtjahren macht ihn zu einem rotfunkelnden Stern: α im Orion. Wieder wechselt das Bild, und wir schauen im Geiste eine gewaltige Masse durcheinander wogender, leuchtender Gase, die weithin den Raum erfüllen; es ist der Orionnebel, jenes blasse, unscheinbare Lichtwölkchen dort um den Stern ϑ, den wir als ‚neunfache Sonne' erkannten. —

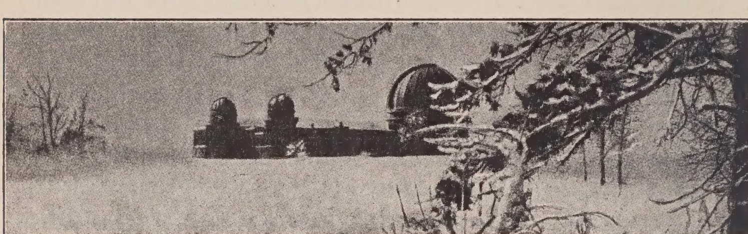
Mit anderen Augen schauen wir jetzt — als Wissende — in die Lichterschrift des Himmels, denn aus ihren Zeichen lesen wir den Bauplan der Welt. —

Wenn ich jetzt von der Plattform der Sternwarte hinausschaue ins Weite, sehe ich unter mir noch ein anderes Lichtermeer, das der modernen Großstadt. Auch sie ist eine Welt, für viele von uns die Welt, in der all ihr Hoffen und Wünschen, ihre Erfolge und Enttäuschungen, ihr Leben und Sterben beschlossen ist. Doch was bedeutet diese Welt im Getriebe des Universums! Ein Stäubchen, das am Zahnrad einer Riesenmaschine klebt. Andererseits, was ist die Maschine dem Stäubchen; was soll uns das Universum, da unser kurzes Leben doch so ganz in die kleine irdische Welt eingespannt ist? Wozu also die Milliarden und Abermilliarden Sonnen in den Abgründen des Raumes? Kann es Sinn und Zweck dieses grenzenlosen Universums gewesen sein, sich aus dem Chaos zu entwickeln, lediglich um nach Billionen von Jahren die Erde hervorzubringen, damit sie für eine kurze Zeitspanne — eine Sekunde im

Leben der Welt — das Menschengeschlecht trage? Unsinnig, dies zu denken.

Jenseits aller exakten Wissenschaft müssen wir Antwort auf unsere Frage suchen, und dort finden wir sie — nicht klar und bestimmt, sondern dunkel und voll neuer Geheimnisse:

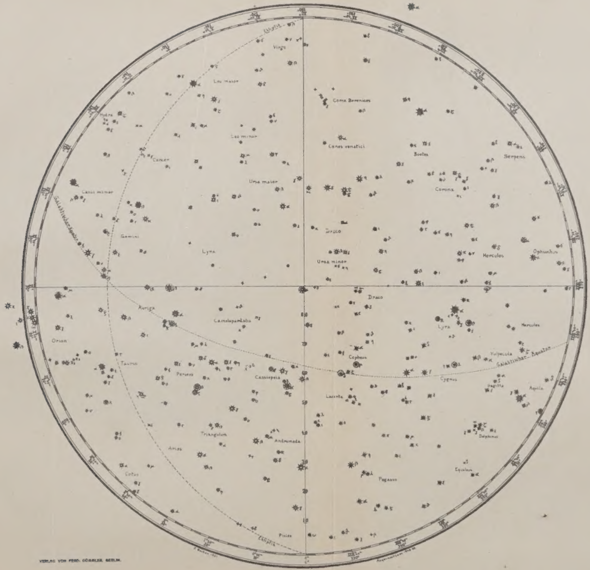
Alles Vergängliche ist nur ein Gleichnis.



In dem ersten Bändchen der „Unterhaltungen" — Eine Fahrt durch die Sonnenwelt — sind zwei Versehen unterlaufen, die der Leser freundlichst berichtigen wolle:

Auf Seite 23 streiche hinter der zweiten Zahlenreihe die Millionen; desgleichen hinter den auf Seite 96 angegebenen Zahlen.

Nördliche Hemisphäre



VERLAG VON FERD. DÜMMLER, BERLIN.

Sternhaufen Nebel Veränderliche